

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-196430  
(P2001-196430A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J 2 G 0 5 1
G 0 1 N 21/956		G 0 1 N 21/956	A 2 H 0 9 2
G 0 2 F 1/1368		H 0 1 L 21/20	4 M 1 0 6
H 0 1 L 21/20		G 0 2 F 1/136	5 0 0 5 F 0 5 2
29/786		H 0 1 L 29/78	6 2 4 5 F 1 1 0
審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 17 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-5994(P2000-5994)

(22) 出願日 平成12年1月7日 (2000.1.7)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 和田 裕之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 平田 芳美

東京都品川区西五反田3丁目9番17号 ソニー・プレシジョン・テクノロジー株式会社内

(74) 代理人 10006/736

弁理士 小池 晃 (外2名)

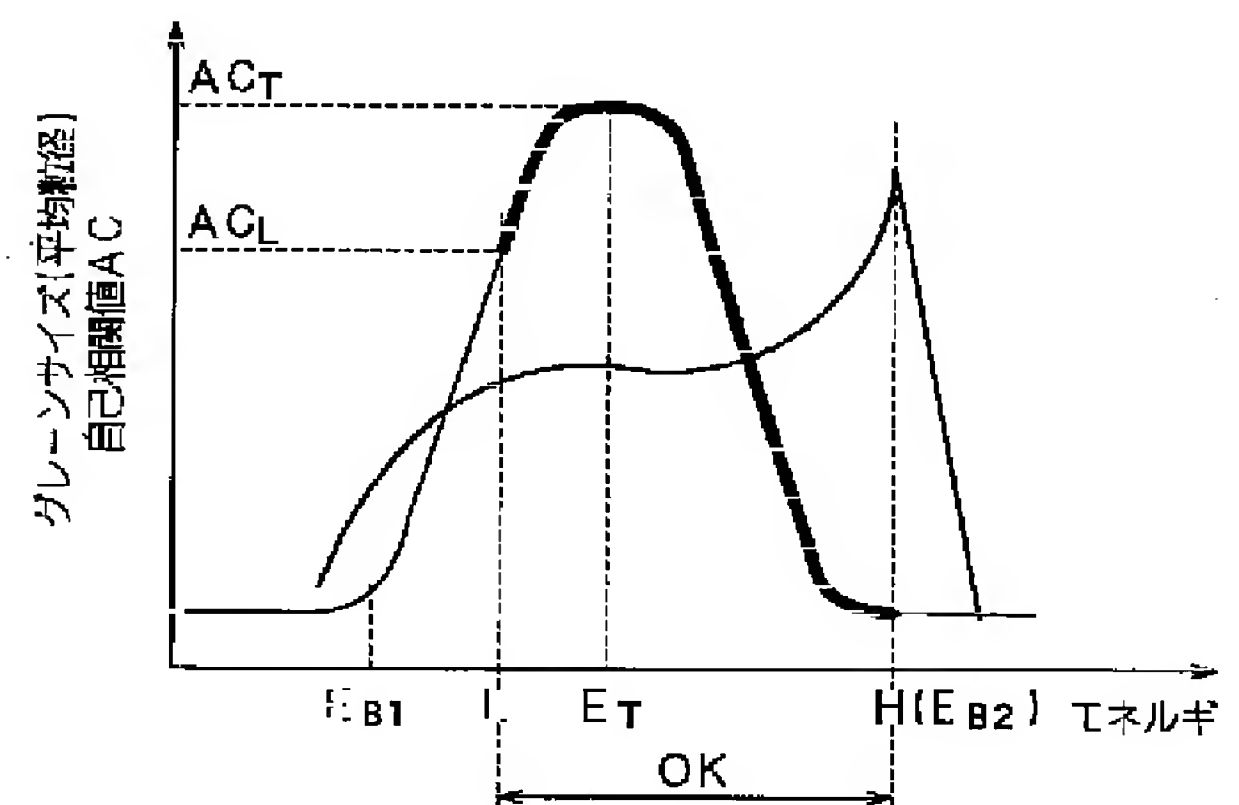
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポリシリコン評価方法、ポリシリコン検査装置及び薄膜トランジスタ製造方法

(57) 【要約】

【課題】 アモルファスシリコン膜をエキシマレーザアニールすることにより形成されたポリシリコン膜の状態の評価をする。

【解決手段】 アモルファスシリコン膜に対してアニール処理を行いポリシリコン膜を形成したときに、このアニール処理時においてアモルファスシリコンに与えるエネルギーに応じて、形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造に直線性や周期性が現れる。この直線性や周期性を画像処理したのち、その画像から直線性や周期性を自己相関関数を利用して数値化する。この数値化した結果に基づきポリシリコン膜の状態を判断する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 アモルファスシリコン膜をアニール処理することによって形成されたポリシリコン膜を評価する評価方法において、

上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき上記ポリシリコン膜の状態を評価することを特徴とするポリシリコン評価方法。

【請求項2】 アモルファスシリコン膜に対してレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜を評価することを特徴とする請求項1記載のポリシリコン評価方法。

【請求項3】 アモルファスシリコン膜に対して照射面が線状とされたレーザビームによるレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜を評価することを特徴とする請求項2記載のポリシリコン評価方法。

【請求項4】 アモルファスシリコン膜に対してエキシマレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜を評価することを特徴とする請求項3記載のポリシリコン評価方法。

【請求項5】 上記ポリシリコン膜の膜表面の画像を撮像し、この画像の自己相関性から膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項1記載のポリシリコン評価方法。

【請求項6】 紫外線レーザを上記ポリシリコン膜に照射してこのポリシリコン膜の画像を撮像し、撮像したこのポリシリコン膜の表面画像の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項1記載のポリシリコン評価方法。

【請求項7】 アモルファスシリコン膜をアニール処理することによって形成されたポリシリコン膜を検査する検査装置において、

上記ポリシリコン膜の表面の空間構造を観察する観察手段と、

上記観察手段により観察された上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき、上記ポリシリコン膜の状態を検査する検査手段とを備えることを特徴とするポリシリコン検査装置。

【請求項8】 上記検査手段は、アモルファスシリコン膜に対してレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜に対して、膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項7記載のポリシリコン検査装置。

【請求項9】 上記検査手段は、アモルファスシリコン膜に対して照射面が線状とされたレーザビームによるレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜に対して、膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項8記載のポ

リシリコン検査装置。

【請求項10】 上記検査手段は、上記アモルファスシリコン膜に対してエキシマレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜を評価することを特徴とする請求項9記載のポリシリコン検査装置。

【請求項11】 上記観察手段は、上記ポリシリコン膜の膜表面の画像を撮像し、

上記検査手段は、上記観察手段が撮像した上記ポリシリコン膜の膜表面の画像の自己相関性から膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項7記載のポリシリコン検査装置。

【請求項12】 上記観察手段は、紫外線レーザを上記ポリシリコン膜に照射して、該ポリシリコン膜の表面画像を観察することを特徴とする請求項7記載のポリシリコン検査装置。

【請求項13】 薄膜トランジスタを製造する薄膜トランジスタ製造方法において、アモルファスシリコン膜を成膜するアモルファスシリコン成膜工程と、

成膜した上記アモルファスシリコン膜に対してアニール処理を行ってポリシリコン膜を形成するポリシリコン膜形成工程と、

形成した上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき上記ポリシリコン膜の状態を評価する評価工程とを有することを特徴とする薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項14】 上記ポリシリコン膜形成工程では、アモルファスシリコン膜に対してレーザアニール処理を行って、ポリシリコン膜を形成することを特徴とする請求項13記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項15】 上記ポリシリコン膜形成工程では、アモルファスシリコン膜に対して照射面が線状とされたレーザビームによるレーザアニール処理を行って、ポリシリコン膜を形成することを特徴とする請求項14記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項16】 上記ポリシリコン膜形成工程では、アモルファスシリコン膜に対してエキシマレーザアニール処理を行ってポリシリコン膜を形成することを特徴とする請求項15記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項17】 上記評価工程では、形成した上記ポリシリコン膜の表面画像を撮像し、この表面画像の自己相関性を求めて、膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項13記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項18】 上記評価工程では、紫外線レーザを上記ポリシリコン膜に照射して、上記ポリシリコン膜の表面画像を撮像して、撮像した表面画像に基づき評価することを特徴とする請求項13記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項19】 上記ポリシリコン膜形成工程では、上記評価工程で評価した結果に応じて、アニール処理における上記アモルファスシリコン膜に与えるエネルギーを制御することを特徴とする請求項13記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アモルファスシリコンに対してアニール処理をして生成したポリシリコン膜の状態を評価するポリシリコン評価方法、アモルファスシリコンに対してアニール処理することによって形成されたポリシリコン膜を検査する検査装置、並びに、アモルファスシリコンに対してアニール処理をして生成したポリシリコン膜を有する薄膜トランジスタ製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、チャネル層にポリシリコン膜を用いた薄膜トランジスタの実用化が進められている。チャネル層にポリシリコンを用いた場合、薄膜トランジスタの電界移動度が非常に高くなるため、例えば液晶ディスプレイ等の駆動回路として用いた場合には、ディスプレイの高精細化、高速化、小型化等を実現することができるようになる。

【0003】また、エキシマレーザアニール装置を用いてアモルファスシリコンを熱処理してポリシリコン膜を形成する、いわゆる低温多結晶化プロセスも近年開発が進んでいる。このような低温多結晶プロセスを薄膜トランジスタの製造プロセスに適用することによって、ガラス基板への熱損傷が低くなり、耐熱性の大面積で安価なガラス基板を用いることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、低温多結晶プロセスにおいて用いられるエキシマレーザアニール装置は、その出力パワーが不安定であるため、形成されるポリシリコンのグレインサイズが大きく変動する。そのため、エキシマレーザアニール装置を用いて形成されたポリシリコン膜は、常に良好なグレインサイズとはならず、例えば、シリコン結晶が微結晶化してしまういわゆる線状不良となったり、十分大きなグレインサイズが得られないいわゆる書き込み不良となったりしてしまうという問題点があった。

【0005】そこで、一般に、このようなエキシマレーザアニール装置を用いてアニール処理を行う場合には、ポリシリコン膜の多結晶化工程が終了した段階で、その最表面に形成されているポリシリコン膜の結晶の状態を全数検査したり、或いは、製品を無作為に抜き取り結晶の状態を検査したりして、製造した製品がこの段階で不良品であるか否かを判断することが行われる。また、エキシマレーザアニール装置へポリシリコン膜へ与えられたエネルギー情報を、エキシマレーザアニール装置にフ

ィードバックして最適なレーザパワーの設定が行われる。

【0006】しかしながら、ポリシリコン膜を評価するには、分光エリプソメータや走査型電子顕微鏡等を用いて表面画像を撮像し、その表面画像を目視して結晶の状態を判断するといった感覚的な方法しかなく、非接触で客観的に判断することができなかった。また、このような方法は、時間的、コスト的に非効率であり、インプロセスで用いることは困難であった。

【0007】本発明は、このような実情を鑑みてされたものであり、形成したポリシリコン膜の状態を、客観的に、非接触で、精度良く、自動的に評価を行うことを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記目的を達成すべく鋭意検討を重ねた結果、アモルファスシリコン膜に対してアニール処理を行いポリシリコン膜を形成したときに、このアニール処理時においてアモルファスシリコンに与えるエネルギーに応じて、形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造に直線性及び／又は周期性が現れることを見だし、この表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することが、ポリシリコン膜の評価において有効であるものと見いだすに至った。

【0009】また、本発明者は、アニール処理をすることによって現れたポリシリコン膜の膜表面の直線性及び／又は周期性が、ある一定のエネルギーを与えたときに最大となることを見いだした。このことから、ポリシリコン膜の表面の空間構造の直線性及び／又は周期性が最大となるエネルギーに基づき、アモルファスシリコン膜に対して与えるエネルギーを調整や制御することが、形成するポリシリコン膜の特性を良好なものとするのに有効であるものと見いだすに至った。

【0010】具体的には、本発明者は、基板上に形成した薄膜トランジスタのチャネルであるポリシリコンを形成したときに、このポリシリコンの膜表面の空間構造に直線性及び／又は周期性が現れることを見いだした。

【0011】例えば、チャネルがポリシリコンで形成された薄膜トランジスタをガラス基板上に形成する場合、アモルファスシリコンを成膜し、成膜したアモルファスシリコンに対して照射面が線状とされたエキシマレーザを用いてレーザアニール処理を行うことにより、ポリシリコン膜が形成される。ここで、エキシマレーザによるレーザアニール処理は、線状とされた照射面の長手方向に直交する方向にレーザビームを移動しながら、ガラス基板全面に対して熱エネルギーを与えていく。

【0012】本発明者は、このようにエキシマレーザアニール処理により形成されたポリシリコン膜が、その表面に凹凸が形成された状態となり、さらに、その凹凸がレーザビームの移動方向に平行な方向に直線的に形成されていることを見いだした。また、本発明者は、ポリシ



リコン膜の表面に形成された凹凸形状が、レーザビームの移動方向に直交する方向に、周期的になっていることを見いだした。

【0013】そして、本発明者は、形成されたポリシリコン膜が薄膜トランジスタとして使用可能であるかどうかを評価するために、これらの直線性及び／又は周期性を評価することが有効であるものと見いだすに至った。また、本発明者は、これらの直線性及び／又は周期性を評価した結果が、エキシマレーザのエネルギーの調整や制御に用いることが有効であるものと見いだすに至った。

【0014】以下の本発明にかかるポリシリコン評価方法、ポリシリコン検査装置及び薄膜トランジスタ製造方法は、以上のような知見に基づいて創案されたものである。

【0015】本発明にかかるポリシリコン評価方法は、アモルファスシリコン膜をアニール処理することによって形成されたポリシリコン膜を評価する評価方法において、上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき上記ポリシリコン膜の状態を評価することを特徴とする。

【0016】このポリシリコン評価方法では、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0017】また、本発明にかかるポリシリコン検査装置は、アモルファスシリコン膜をアニール処理することによって形成されたポリシリコン膜を検査する検査装置において、上記ポリシリコン膜の表面の空間構造を観察する観察手段と、上記観察手段により観察された上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき、上記ポリシリコン膜の状態を検査する検査手段とを備えることを特徴とする。

【0018】このポリシリコン検査装置では、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0019】また、本発明にかかる薄膜トランジスタ製造方法は、薄膜トランジスタを製造する薄膜トランジスタ製造方法において、アモルファスシリコン膜を成膜するアモルファスシリコン成膜工程と、成膜した上記アモルファスシリコン膜に対してアニール処理を行ってポリシリコン膜を形成するポリシリコン膜形成工程と、形成した上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき上記ポリシリコン膜の状態を評価する評価工程とを有することを特徴とする。

【0020】この薄膜トランジスタ製造方法では、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態として、本発明を適用したポリシリコン膜の評価装置について説明する。

【0022】本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置は、例えば、ボトムゲート構造を有する薄膜トランジスタ（ボトムゲート型TFET）の製造工程中に形成されるポリシリコン膜の検査に用いられる。ボトムゲート型TFETは、例えばガラス基板上に、ゲート電極、ゲート絶縁膜、ポリシリコン膜（チャンネル層）が下層から順に積層された構成とされた薄膜トランジスタである。すなわち、ボトムゲート型TFETは、チャンネル層となるポリシリコン膜とガラス基板との間に、ゲート電極が形成されている構成のTFETである。

【0023】ボトムゲート型TFETの構造

まず、このようなボトムゲート型TFETの具体的な構成例について図1を用いて説明する。

【0024】ボトムゲート型TFET1は、図1に示すように、ガラス基板2上に、ゲート電極3、第1のゲート絶縁膜4、第2のゲート絶縁膜5、ポリシリコン膜6、ストッパ7、第1の層間絶縁膜8、第2の層間絶縁膜9、配線10、平坦化膜11、透明導電膜12が積層されて構成されている。

【0025】ゲート電極3は、ガラス基板2上に50～300nmのモリブデン（Mo）が成膜された後、異方性エッチングによりパターニングされて形成されている。

【0026】第1のゲート絶縁膜4は、例えば膜厚が50nmの窒化シリコン（SiN<sub>x</sub>）からなり、窒化シリコン（SiN<sub>x</sub>）が、このゲート電極3が形成されたガラス基板2上に積層されて形成されている。

【0027】第2のゲート絶縁膜5は、例えば膜厚が120nmの二酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）からなり、この二酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）が、第1のゲート絶縁膜5上に積層されて形成されている。

【0028】ポリシリコン膜6は、例えば膜厚が40nmのポリシリコン（p-Si）からなる。このポリシリコン膜6は、第2のゲート絶縁膜5上に積層されて形成されている。このポリシリコン膜6は、当該ボトムゲート型TFET1のチャンネル層として機能する。このポリシリコン膜6は、例えば、LPCVD法等によって40nmのアモルファスシリコン（a-Si）が成膜された後、このアモルファスシリコンに対してアニール処理を行うことにより多結晶化され形成される。ポリシリコン膜6の多結晶化工程においては、紫外線レーザであるエキシマレーザを用いたレーザアニール処理が用いられる。このエキシマレーザアニール処理は、その照射面が線状とされたパルスレーザビームを出射し、パルスビームの照射領域を移動させながら、アモルファスシリコンをポリシリコンに多結晶化させるものである。レーザ

ビームは、その照射面の形状が、例えば長手方向の長さが20cm、短辺方向の長さが400 $\mu$ mとされ、パルスの周波数が300Hzとされている。エキシマレーザアニール処理を行う際のレーザビームの走査方向は、線状レーザの照射面の長手方向と直交する方向（すなわち、短辺方向）に行われる。

【0029】そして、このポリシリコン膜6は、エキシマレーザアニールによって多結晶化されたのち、ソース／ドレイン領域を形成するために、不純物がイオンドーピングされる。このイオンドーピングは、ゲート電極3上の部分のポリシリコン膜6に不純物が注入されないように、このゲート電極3に対応する位置にストッパ7が形成された後に行われる。このストッパ7は、例えば膜厚200nmの二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)からなり、ゲート電極3を形成したときに用いたマスク等を用いて形成されている。

【0030】第1の層間絶縁膜8は、例えば膜厚が300nmの窒化シリコン(SiN<sub>x</sub>)からなり、この窒化シリコン(SiN<sub>x</sub>)が、ポリシリコン膜6上に積層されて形成されている。

【0031】第2の層間絶縁膜9は、例えば膜厚が150nmの二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)からなり、この二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)が、第1の層間絶縁膜8上に積層されて形成されている。

【0032】配線10は、ポリシリコン膜6のソース／ドレイン領域を接続するためのコンタクトホールが、第1の層間絶縁膜8及び第2の層間絶縁膜9のソース／ドレイン領域に対応する位置に開口された後、アルミニウム(Al)及びチタン(Ti)を成膜し、エッチングによってパターニングして形成されている。この配線10は、ポリシリコン膜6上に形成された各トランジスタのソース／ドレイン領域を接続して、基板上の所定の回路パターンを形成する。

【0033】平坦化膜(HRC)11は、当該ボトムゲート型TF<sub>1</sub>の表面を平坦化するための膜で、配線10が形成されたのち成膜され、その膜厚が2～3 $\mu$ mとされている。

【0034】透明導電膜12は、例えば、ITO等からなる透明導電材料からなり、配線10と当該ボトムゲート型TF<sub>1</sub>の外部に存在する外部素子や外部配線とを接続するための導電線である。この透明導電膜12は、コンタクトホールが平坦化膜11に開口された後に、平坦化膜11上に形成される。

【0035】以上のようなボトムゲート型TF<sub>1</sub>では、チャンネル層にポリシリコンを用いているため、チャンネル層の電界移動度が非常に高くなる。そのため、例えば液晶ディスプレイ等の駆動回路として用いた場合には、ディスプレイの高精細化、高速化、小型化等を実現することができる。また、以上のようなボトムゲート型TF<sub>1</sub>では、エキシマレーザアニールを用いてアモル

ファスシリコンを熱処理することによってポリシリコン膜6を形成する、いわゆる低温多結晶化プロセスが用いられている。そのため、多結晶化プロセスでのガラス基板2への熱損傷が少なくなり、耐熱性の大面积で安価なガラス基板を用いることが可能となる。

【0036】ポリシリコン膜の検査の必要性  
ところで、ポリシリコン膜6の電界移動度を決定する重要な要素は、ポリシリコンのグレインサイズであるといわれている。そのグレインサイズは、エキシマレーザアニール処理時においてポリシリコン膜6に与えられるエネルギーに大きく依存する。そのため、エキシマレーザアニール処理時におけるレーザパワーの制御やその安定化が、完成したボトムゲート型TF<sub>1</sub>の特性や歩留まりに大きく影響することとなる。

【0037】しかしながら、エキシマレーザアニール処理において用いられるエキシマレーザアニール装置は、出射するレーザパワーの出力変動が比較的大きい。そのため、エキシマレーザアニール装置を用いてエキシマレーザアニールを行った場合、良好なグレインサイズを得られるエネルギーの許容範囲（ポリシリコン膜6の製造マージン）に対して、ポリシリコン膜6に与えるエネルギーの変動が大きくなってしまい、ポリシリコン膜6を安定的に製造することが難しい。

【0038】したがって、同一の条件でエキシマレーザアニールを行った場合でも、ポリシリコン膜6のグレインサイズが大きく変動し、例えばレーザパワーが大きくなりすぎた場合には、シリコン結晶が微結晶化してしまいいわゆる線状不良となり、また、レーザパワーが小さくなりすぎた場合には、十分大きなグレインサイズが得られないいわゆる書き込み不良となってしまう。

【0039】さらに、ボトムゲート型TF<sub>1</sub>では、ゲート電極3がポリシリコン膜6の下層に位置しているので、レーザアニールを行った場合における熱の逃げが、ガラス基板2上（ソース／ドレイン領域上）のポリシリコン膜6よりも、ゲート電極3上のポリシリコン膜6の方が高くなる。そのため、エキシマレーザアニール装置から与えられるレーザパワーが同一であっても、ゲート電極3上のポリシリコン膜6と、ガラス基板2上（ソース／ドレイン領域上）のポリシリコン膜6とで、昇温温度が異なることとなり、その影響からグレインサイズが双方で異なってしまう。具体的には、レーザパワーが同一であった場合には、ポリシリコン膜6上に形成されるグレインサイズは、ガラス基板2上（ソース／ドレイン領域上）よりもゲート電極3上の方が小さくなってしまふ。

【0040】そのため、ボトムゲート型TF<sub>1</sub>では、ゲート電極3上のポリシリコン膜6及びガラス基板2上のポリシリコン膜6の双方がともに良好なグレインサイズが得られるエネルギーを、エキシマレーザにより与えなければならないため、ポリシリコン膜6の製造マージン



が非常に狭くなってしまう。

【0041】しかしながら、上述したようにエキシマレーザアニール処理において用いられるエキシマレーザアニール装置は、出射するレーザパワーの出力変動が比較的大きい。したがって、ゲート電極3上のポリシリコン膜6及びガラス基板2上のポリシリコン膜6の双方がともに良好なグレーンサイズを得るように、そのレーザパワーを制御することは難しい。

【0042】そこで、一般に、このようなエキシマレーザアニール装置を用いてアニール処理を行う場合には、例えば、図2に示すようなポリシリコン膜6の多結晶化工程が終了した段階で、その最表面に形成されているポリシリコン膜6の結晶の状態を全数検査したり、或いは、製品を無作為に抜き取り結晶の状態を検査したりして、製造した製品がこの段階で不良品であるか否かを判断したり、また、エキシマレーザアニール装置へポリシリコン膜6へ与えられたエネルギー情報をフィードバックしてレーザパワーの設定が行われる。

【0043】本発明の実施の形態のポリシリコン膜評価装置は、このようなポリシリコン膜6の多結晶化工程が終了した段階で、形成したポリシリコン膜6の評価を行い、製造した製品がこの段階で不良品であるか否かを判断したり、また、エキシマレーザアニール装置へ情報をフィードバックしてレーザエネルギーの設定を行うのに用いるものである。

【0044】ポリシリコン膜の評価原理と評価手法

(1) まず、上述したエキシマレーザアニールにより形成されたポリシリコン膜の評価原理について説明する。

【0045】上述したように製造した薄膜トランジスタの移動度は、ポリシリコンのグレーンサイズが大きく影響する。十分な移動度を得るためには、ポリシリコンのグレーンサイズは、大きい方が望ましい。

【0046】ポリシリコン膜のグレーンサイズは、エキシマレーザアニールで与えられたエネルギーに大きく依存する。ポリシリコン膜のグレーンサイズは、図3に示すように、与えられたエネルギーが増大するとそれに伴い増大するが、ある所定のエネルギー(図中Lの位置: このときのエネルギーを許容最低エネルギーLとする。)以上となると変化が少なくなり、安定化する。さらにエネルギーを増大させていくと、グレーンサイズの変化が大きくなり、そして、ある閾値(図中Hの位置)を境としてポリシリコンが微結晶粒となってしまう(このときのエネルギーを許容最高エネルギーHとする)。

【0047】したがって、通常、エキシマレーザアニールを行う場合には、図3で示したグレーンサイズが安定化し始めた許容最低エネルギーLから、微結晶粒となる直前までの許容最高エネルギーHの範囲となるように、照射するレーザパワーを制御することによって、十分な大きさのグレーンサイズを得るようにする。そして、こ

のような範囲のエネルギーを与えるレーザパワーのレーザ光をアモルファスシリコン膜に照射することによって、完成した薄膜トランジスタの移動度を十分大きくすることが可能となる。

【0048】(2) 次に、レーザパワーを最適値としてエキシマレーザアニールを行ったときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも少ないパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも大きいパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像とを比較する。図4に、それぞれの場合の画像を示す。図4(A)が最適値よりも少ないレーザパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像を示す図で、図4(B)が最適値のレーザパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像を示す図で、図4(C)が最適値よりも大きいレーザパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像を示す図である。なお、この図4に示す各画像は、紫外線光を用いた顕微鏡装置により撮像した画像であるが、この顕微鏡装置についての詳細は後述する。

【0049】図4において、エキシマレーザアニールのレーザの走査方向は、図中X方向となっている。なお、アモルファスシリコン膜には、上述したように、照射面が線状とされたレーザビームが照射され、その走査方向は、レーザビームの照射面形状の長手方向に直交する方向である。

【0050】ここで、エキシマレーザアニール時におけるレーザパワーを最適値としたときのこの図4(B)の画像と、図4(A)及び図4(C)に示すそれ以外の画像とを比較すると、以下のような特徴が現れている。

【0051】まず、レーザパワーを最適値としたときのポリシリコン膜の表面画像(図4(B))は、レーザパワーが最適とされていないポリシリコン膜の表面画像(図4(A)及び図4(C))と比較して、直線性が現れた画像となっている。具体的には、レーザの走査方向(図4中X方向)に対して、直線性が現れた画像となっている。すなわち、レーザパワーを最適値としたときのポリシリコン膜の表面は、その空間構造に直線性が現れる規則的な形状となる特徴がある。

【0052】また、レーザパワーを最適値としたときのポリシリコン膜の表面画像(図4(B))は、レーザパワーが最適とされていないポリシリコン膜の表面画像(図4(A)及び図4(C))と比較して、周期性が現れた画像となっている。具体的には、レーザの走査方向と直交する方向(図4中Y方向)に、周期性が現れた画像となっている。すなわち、レーザパワーを最適値としたときのポリシリコン膜の表面は、その空間構造に周期性が現れる規則的な形状となる特徴がある。

【0053】したがって、本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置では、以上のような特徴を利用して、ポリシリコン膜の状態を検査する。すなわち、本発

明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置では、エキシマレーザアニールを行った後のポリシリコン膜の表面画像を数値解析して、ポリシリコン膜の表面空間構造に直線性が現れているか、或いは、ポリシリコン膜の表面空間構造に周期性が現れているか、或いは、ポリシリコン膜の表面空間構造に直線性及び周期性が現れているかを評価して、ボトムゲート型TF Tのポリシリコン膜の状態を検査する。

【0054】(3) 次に、ポリシリコン膜の撮像画像に直線性、周期性、直線性及び周期性がある場合の数値化の手法の一例について説明する。

【0055】例えば、直線性および周期性があるポリシリコン膜の撮像画像を模式的に表すと、多数の直線が平行に並び、その間隔が一定間隔となっているように表される。これに対し、直線性も周期性もないポリシリコン膜の撮像画像を模式的に表すと、不規則な短い直線等が不規則に現れるように表される。これらの画像から、直線性及び周期性がどれだけあるか数値化して評価する場合には、周期性があるであろう方向と垂直な方向に画像を横ずらしし、横ずらしをしたときの画像の相関性を数値に表して評価すればよい。例えば、直線性及び周期性がある画像を横ずらしすると、ある一定の周期、つまりある一定の横ずらし量毎に、画像の重なり具合が多い相関性の高い画像が現れる。これに対し、直線性も周期性も無い画像は、横ずらしをしたとしても画像の重なりある具合が多い相関性の高い画像が、一定の周期毎に現れない。

【0056】以上のような画像を横ずらしをしたときの画像の相関性を数値化するといった概念を用いることにより、ポリシリコン膜の周期性を数値化し評価をすることが可能となる。具体的にこのような手法を実現する一つの方法としては、画像の自己相関関数を求め、この自己相関関数のピーク値及びサイドピーク値を算出し、これらの比をとる方法がある。ここで、ピーク値とは、原点の値から原点よりy方向の2番目の極小値（デフォーカスの値を小さくするために使用している。1番目や2番目以降であってもよい）を引いた値をいうものとする。また、サイドピーク値とは、原点よりy方向の2番目（原点を含めない）の極大値から原点よりy方向の2番目の極小値を引いた値等をいうものとする。

【0057】なお、本発明は、直線性又は周期性のいずれか一方のみを評価し、ポリシリコン膜の状態を判断することも可能である。

【0058】また、ポリシリコン膜の撮像画像に直線性、周期性、直線性及び周期性がある場合の数値化の手法の他の例としては、例えば、規格化された画像を直線性のそろった方向に、全ての画素の値を足し合わせてその変調度をとる手法がある。また、規格化された画像を、2次元フーリエ変換し、ある周波数成分の強度をとる手法がある。また、画像（例えば、y方向に直線性を

有するであろう画像）の内の極値（極小値又は極大値）の座標を抽出し、y方向に縦長な範囲内（x方向の中心を極値×座標の平均値にとり、x方向の長さをx方向の配列のピッチとする）の座標に関して、x方向の分散をとる手法がある。また、画像（例えば、y方向に直線性を有するであろう画像）の内の極値（極小値又は極大値）の座標を抽出し、y方向に縦長な範囲内（x方向の中心を極値×座標の平均値にとり、x方向の長さをx方向の配列のピッチとする）の座標に関して、各点の上下近傍の点との角度を取る手法がある。

【0059】ポリシリコン膜の評価装置の具体的な構成とその処理内容

(1) 次に、以上のようなポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び周期性を評価するための本発明の実施の形態のポリシリコン膜評価装置の具体的な構成例について説明する。

【0060】本発明の実施の形態のポリシリコン膜評価装置は、波長266nmの紫外光レーザを用いた顕微鏡装置によってボトムゲート型TF Tの製造基板（アモルファスシリコン膜にエキシマレーザアニールを行うことによってポリシリコン膜が形成された直後の状態の基板）を撮像し、撮像した画像から形成されたポリシリコン膜の状態を評価する装置である。

【0061】本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置の構成図を図5に示す。

【0062】図5に示すポリシリコン膜評価装置20は、可動ステージ21と、紫外線固体レーザ光源22と、CCDカメラ23と、光ファイバプローブ24と、ビームスプリッタ25と、対物レンズ26と、制御用コンピュータ27と、画像処理用コンピュータ28とを備えて構成される。

【0063】可動ステージ21は、被検査物となるポリシリコン膜が成膜された基板1を支持するためのステージである。この可動ステージ21は、被検査物となる基板1を支持するとともに、この基板1を所定の検査対象位置へと移動させる機能も備えている。

【0064】具体的には、可動ステージ21は、Xステージ、Yステージ、Zステージ、吸着プレート等を備えて構成される。

【0065】Xステージ及びYステージは、水平方向に移動するステージであり、XステージとYステージとで、被検査物となる基板1を互いに直交する方向に移動させ、検査対象となる基板1を所定の検査位置へと導くようにしている。Zステージは、鉛直方向に移動するステージであり、ステージの高さを調整するためのものである。吸着プレートは、検査対象となる基板1を吸着して固定するためのものである。

【0066】紫外線固体レーザ光源22は、波長266nmの紫外光レーザ光源であり、例えば、Nd:YAG 4倍波全固体レーザが用いられる。なお、この紫外線レ



ーザ光源としては、近年、波長166nm程度のものも開発されており、このようなものを光源として用いても良い。

【0067】CCDカメラ23は、紫外光に対して高感度化されたカメラであり、内部に撮像素子としてCCDイメージセンサを備え、このCCDイメージセンサにより基板1の表面を撮像する。このCCDカメラ23は、本体を冷却することにより、CCDイメージセンサ等で発生する熱雑音、読み出し雑音、回路雑音等を抑圧している。

【0068】光ファイバプロップ24は、紫外線レーザー光の導波路であり、紫外線固体レーザー光源22から出射された紫外光レーザーを、ビームスプリッタ25に導いている。

【0069】ビームスプリッタ25は、紫外線固体レーザー光源22からの紫外線レーザー光を反射して、対物レンズ26を介して可動ステージ21上の基板1に照射し、それとともに、基板1から反射された反射光を透過して、高感度低雑音カメラ3に照射する。すなわち、ビームスプリッタ25は、紫外線固体レーザー光源22等の出射光の光学系の光路と、CCDカメラ23への反射光の光学系の光路とを分離するためのレーザー光分離器である。

【0070】対物レンズ26は、基板1からの反射光を拡大して検出するための光学素子である。この対物レンズ26は、例えば、NAが0.9で、波長266nmで収差補正がされたものである。この対物レンズ26は、ビームスプリッタ25と可動ステージ21との間に配置される。

【0071】制御用コンピュータ27は、紫外線固体レーザー光源22のレーザー光の点灯の制御、可動ステージ21の移動位置の制御、対物レンズ26の切換制御等を行う。

【0072】画像処理用コンピュータ28は、CCDカメラ23に備えられるCCDイメージセンサにより撮像した基板1の画像を取り込み、その画像を解析し、基板1上に形成されているポリシリコン膜の状態の評価を行う。

【0073】以上のような構成の評価装置20では、紫外線固体レーザー光源22から出射された紫外光レーザー

が、光ファイバプロップ24、ビームスプリッタ25、対物レンズ26を介して、基板1に照射される。基板1に照射された紫外光レーザー光は、この基板1の表面で反射される。その反射光は、対物レンズ26、ビームスプリッタ25を介して、CCDカメラ23に入射する。そして、CCDカメラ23は、その入射した反射光をCCDイメージセンサにより撮像し、撮像して得られたポリシリコン膜の表面画像情報を画像処理用コンピュータ28に供給する。

【0074】そして、この画像処理用コンピュータ28が、以下説明するように、取り込まれたポリシリコン膜の表面画像の情報に基づき、そのポリシリコン膜の状態を評価する。そして、その評価結果に基づき、ポリシリコン膜を生成するためのエキシマレーザーアニール時におけるレーザーパワーの設定値を求めたり、また、その基板1上に形成されたポリシリコン膜が良品であるか或いは不良品であるかの判別を行う。

【0075】(2) 次に、上記画像処理用コンピュータ28のポリシリコン膜の状態の評価手順について説明する。この画像処理用コンピュータ28は、ポリシリコン膜の表面画像から自己相関を用いて周期性を数値化した値(以後AC値とする。)を求め、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び周期性を評価して、ポリシリコン膜の状態の評価を行う。

【0076】評価の処理手順は、図6のフローチャートに示すように、まず、ポリシリコン膜の表面の画像取り込み処理を行う。(ステップS1)。続いて、取り込んだ画像から自己相関関数の計算を行う(ステップS2)。続いて、画像座標上の(0,0)を含む整列方向と垂直な面の切り出しを行う(ステップS3)。続いて、切り出した面における自己相関関数のピーク値とサイドピーク値とを算出し、このピーク値とサイドピーク値との比をとって、AC値を求める(ステップS4)。続いて、このAC値に基づき、ポリシリコン膜の評価を行う(ステップS5)。

【0077】ここで、自己相関関数は、以下の式に示すような関数となる。

【0078】

【数1】

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T f(x) f(x + \tau) dx$$

【0079】この自己相関関数 $R(\tau)$ は、ある関数 $f(x)$ を $\tau$ だけ $x$ 方向に平行移動させたときの自己相関を示す関数である。

【0080】このポリシリコン膜評価装置20では、以下のようなウィナーヒンチンの定理を用いて、ポリシリコン膜の表面画像の自己相関関数を求めている。なお、ここでは、具体的に取り込んだ画像情報を“i”としている。

【0081】① 取り込み画像“i”の2次元フーリエ変換する。

:  $f = \text{fourier}(i)$

② フーリエ級数“f”を二乗してパワースペクトル“ps”を生成する。

:  $ps = |f|^2$

③ パワースペクトル“ps”を逆フーリエ変換して2次元の自己相関画像“ac”を生成する。



: ac=inversfourier(ps)

④ 自己相関画像“ac”の絶対値をとり、自己相関関数の実数“aca”を求める。

: aca=|ac|

【0082】このように生成された自己相関画像“aca”を画面上に表示すると、図7及び図8に示すような画像となる。図7は、自己相関が高い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が良いものの自己相関画像である。それに対して、図8は、自己相関が低い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が悪いものの自己相関画像である。

【0083】また、このような評価の手順に代えて以下のような評価を行ってもよい。

【0084】この評価の処理手順は、図9のフローチャートに示すように、まず、ポリシリコン膜の表面の画像取り込み処理を行う（ステップS11）。続いて、レーザービームの進行方向（直線性がある方向：x方向）と垂直な方向（周期性がある方向：y方向）の取り込み画像の1ライン分を切り出す（ステップS12）。続いて、この1ラインに関して自己相関関数の計算を行う（ステップS13）。続いて、必要に応じて、これらの作業を数回繰り返し、各ラインで求められるAC値の平均化を行う（ステップS14）。

【0085】この場合における自己相関関数は、ウィナーヒンチンの定理を用いて、以下のように求められる。なお、ここでは、具体的に取り込んだ1ライン分の画像情報を“1”としている。

【0086】① 取り込み画像の1ライン“1”に関してのフーリエ変換をする。

: f1=fourier(1)

② フーリエ級数“f1”を二乗してパワースペクトル“ps1”を生成する。

: ps1=|f1|<sup>2</sup>

③ パワースペクトル“ps1”を逆フーリエ変換して2次元の自己相関画像“acl”を生成する。

: acl=inversfourier(ps1)

④ 自己相関画像“acl”の絶対値をとり、自己相関関数の実数“acal”を求める。

: acal=|acl|

【0087】このように生成された自己相関関数acalをグラフ上に表すと、図10及び図11に示すような画像となる。図10は、自己相関が高い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が良いものの自己相関画像である。それに対して、図11は、自己相関が低い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が悪いものの自己相関画像である。

【0088】ポリシリコン膜評価装置20は、このようなウィナーヒンチンの定理を用いて計算した自己相関画像から、さらに、整列方向（即ち、直線性を有する方

向）と垂直で、画面上の座標（0，0）を含む面を切り出して、その切り出したときに得られる関数を求める。ここで、画面上の座標（0，0）を含む面を切り出すのは、このあとで、照明光量やCCDゲイン等の実験パラメータによって変化する自己相関関数からの値を規格化するために行っている。

【0089】このように切り出したときに得られる関数が、上述した自己相関関数R（ $\tau$ ）に対応する関数となる。

【0090】ポリシリコン膜評価装置20は、続いて、この得られた関数から、極大ピーク値と、サイドピーク値とを求める。そして、サイドピーク値に対する極大ピーク値の比を求め、この値をAC値とする。

【0091】したがって、AC値は、自己相関が高い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が良い場合は、極大ピーク値とサイドピーク値との差が大きくなり、その値が大きくなる。それに対して、自己相関が低い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が悪い場合は、極大ピーク値とサイドピーク値との差が小さくなり、その値が小さくなる。

【0092】以上のように、ボトムゲート型TFT1では、ポリシリコン膜の表面画像を撮像して、その撮像画像の自己相関関数を求め、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び周期性を数値化している。

【0093】具体的に、その撮像画像の一例に対するAC値を示すと、図12に示すようになる。

【0094】（3）次に、上述したように演算した結果得られるAC値と、ポリシリコン膜のグレーンサイズ及びポリシリコン膜に与えられるエネルギーとの関係を説明する。

【0095】AC値は、図13に示すように、エキシマレーザーアニールによりポリシリコン膜に与えられるエネルギーが、あるエネルギー $E_{B1}$ となったときからその値が比例的に上昇し、あるエネルギー $E_T$ でその値が最大となる。そして、AC値は、この最大となるエネルギー $E_T$ でピーク値を迎え、その後その値が比例的に減少し、あるエネルギー $E_{B2}$ でその減少が終了し、その値が最小値となる。このようにAC値は、与えられるエネルギーに対してピーク特性を有している。

【0096】このようなAC値のピーク特性を、図3で示したポリシリコン膜のグレーンサイズの変化の特性に重ね合わせてみると、図14に示すようになる。この図14に示すように、AC値のピーク特性を示すグラフの最大値が、ポリシリコン膜のグレーンサイズが適正となるエネルギー範囲内に入ることが分かる。さらに、AC値が比例的に上昇を開始するエネルギー $E_{B1}$ が、ポリシリコン膜に与えてグレーンサイズが適正となる許容最低エネルギー $L$ よりも低くなる。また、AC値の比例的な減少が停止して最低値となったときのエネルギー $E$

$B_2$ が、ポリシリコン膜の結晶粒径が微結晶化する閾値のエネルギーである許容最大エネルギー $H$ と一致する。

【0097】したがって、このようなピーク特性を有するAC値からポリシリコン膜のグレインサイズが良好なものであるかどうかを評価する場合には、AC値が図14中太線で示した範囲の値に入っているかどうかを判断すればよいこととなる。

【0098】(4) このような特性を有するAC値を評価して、ポリシリコン膜が良品であるか否かの検査を行う場合には、例えば、検査対象となる基板のAC値が、許容最低エネルギー $L$ を与えたときに求められる $AC_L$ を閾値として、この閾値よりも大きければ良品であると判断することにより検査が可能である。また、検査した基板のAC値が、この閾値 $AC_L$ よりも低い場合であっても、なんらかの特性を観察することにより、AC値が最大となるエネルギー $E_T$ よりも高いエネルギーを与えていることが分かれば、良品であると判断が可能である。

【0099】また、このような特性を有するAC値を評価して、エキシマレーザアニール装置から出射されるレーザパワーを最適に設定する場合には、例えば、エキシマレーザのレーザパワーを変動させながら、複数個の基板に対してレーザアニール処理を行う。そして、各レーザパワーに対応させたAC値の特性図を描き、具体的には、図13に示すような特性図を描き、この特性図から最適なレーザパワーを求めればよい。

【0100】(5) ところで、上述したようにボトムゲート型TFETでは、ゲート電極3がポリシリコン膜6の下層に位置しているので、レーザアニールを行った場合におけるエネルギーの拡散性が、ガラス基板2上(ソース/ドレイン領域上)のポリシリコン膜6よりも、ゲート電極3上のポリシリコン膜6の方が高くなる。そのため、エキシマレーザアニール装置から与えられるレーザパワーが同一であっても、ゲート電極3上のポリシリコン膜6と、ガラス基板2上(ソース/ドレイン領域上)のポリシリコン膜6とで、与えられるエネルギーが異なることとなり、その影響からグレインサイズが双方で異なってしまう。

【0101】一般に、エキシマレーザアニール装置によりレーザアニールを行った場合、ゲート電極上に位置するポリシリコン膜と、ガラス基板上(ソース/ドレイン領域上)に位置するポリシリコン膜とで、レーザパワーを変化させるような制御をすることはできず、同一のパワー設定で、一律にエキシマレーザアニールを行うこととなる。

【0102】そのため、ボトムゲート型TFETでは、エキシマレーザのレーザパワーに対するAC値の特性は、図15に示すようになり、ガラス基板上(ソース/ドレイン領域上)と、ゲート電極上とで、そのピーク値が異なる位置となってしまう。具体的には、ガラス基板上

(ソース/ドレイン領域上)に位置するポリシリコン膜のAC値の方が、ゲート電極上に位置するポリシリコン膜よりも低いレーザパワーでピーク値を迎えることとなる。

【0103】したがって、AC値を評価して、ポリシリコン膜が良品であるか否かの検査を行う場合、並びに、AC値を評価してエキシマレーザアニール装置から出射されるレーザパワーを最適に設定する場合には、この両者(ガラス基板上及びゲート電極上)のポリシリコン膜が良好となるような値とする必要がある。

【0104】続いて、ボトムゲート型TFETのポリシリコン膜について、エキシマレーザのレーザパワーに対するAC値の具体的な実験データの一例を図16に示す。この図16に示すように、AC値は、ゲート電極上とガラス基板上とで異なるピーク値となる特性となる。例えば、この図16で示した特性図上では、エキシマレーザアニールでのレーザパワーを380mJで設定することが最適であることが分かる。

【0105】(6) 以上のように、ボトムゲート型TFETに形成されたポリシリコン膜を評価する場合に、ポリシリコン膜表面の空間構造の直線性及び/又は周期性を評価することにより、被破壊で容易にポリシリコンの検査をすることができ、検査工程を製造工程に組み込むことが可能となる。また、この直線性及び/又は周期性を数値化するので、目視検査等によらず数値演算が可能となる。さらに、数値化を行って評価を行うので、そのため自動検査が可能となり、また、高い精度で客観的な検査を行うことができる。また、検査結果をアニール処理工程にフィードバックして、製造する薄膜トランジスタの歩留まりを高くすることができる。なお、以上ポリシリコン膜を撮像する装置として、波長266nmの紫外光レーザを用いた顕微鏡装置を適用していたが、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び/又は周期性を評価するための元画像を撮像する装置は、このような装置に限られない。例えば、SEMにより観察した画像に基づいて、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び/又は周期性を評価しても良い。例えば、図17に示すように、紫外光レーザを用いた顕微鏡装置(DUV)で撮像した画像に基づきAC値を求めた場合の特性と、SEMで撮像した画像に基づきAC値を求めた場合の特性とを比較すると、SEMの方がより精彩な画像となるため相対的にAC値が低くなるものの、その特性を示す曲線はほぼ同一となることが分かる。

【0106】また、直線性及び/又は周期性を数値化する手法として自己相関関数を用いた例を詳細に説明したが、数値化の手法もこの自己相関関数を用いた例に限られない。

【0107】ボトムゲート型TFETの製造プロセスにおける具体的な適用例  
つぎに、ボトムゲート型TFETの製造プロセスに上記ポ



リシリコン膜評価装置 20 を適用した具体的な適用例について説明する。

【0108】まず、図 18 に示すような、ボトムゲート型 TFT のポリシリコン膜の撮像画像から得られた AC 値を評価して、その評価結果をエキシマレーザアニール装置にフィードバックし、このエキシマレーザアニール装置 30 から出射されるレーザパワーを最適に設定する適用例 (EQC: Equipment Quality Control) について説明する。

【0109】エキシマレーザアニール装置は、上述したようにレーザパワーの設定値に対して、実際のレーザパワーの出力値の変動が比較的に大きい。出力されるレーザパワーは、ガウス分布的な特性を示しぼらつきが生じ、所定のパワー設定値に対してある程度のぼらつきが生じる。これに対して、ボトムゲート型 TFT の場合、ポリシリコン膜に与えられるエネルギーの製造マージン (この範囲より外のエネルギーが与えられた場合には不良品となるエネルギー範囲) は、そのぼらつきに対して相対的に大きな値となる。

【0110】したがって、図 19 に示すように、ポリシリコン膜の製造マージンの中心位置がレーザパワーの設定値の最適値となり、この最適値にレーザパワーが設定してあれば、レーザパワーが変動したとしてもポリシリコン膜に与えられるエネルギーは製造マージン内に入ることとなり、高い歩留まりを得ることができる。しかしながら、図 20 に示すように、レーザパワーの設定値が、製造マージンの最適値に設定されていない場合には、レーザパワーが変動すると、ポリシリコン膜に与えられるエネルギーが製造マージンから外れる場合が多く、歩留まりが低くなってしまう。

【0111】そのため、本適用例は、ボトムゲート型 TFT の AC 値のピーク特性を利用して、以下のように、エキシマレーザアニール装置のレーザパワーを最適値に設定する。

【0112】まず、本適用例では、ポリシリコン膜を形成した複数枚の基板を製造する。このとき、各基板毎にエキシマレーザアニール装置のレーザパワーの設定を変化させ、それぞれの基板についてゲート電極上及びガラス基板上の AC 値を求める。

【0113】すると、図 21 や図 22 に示すような、AC 値のピーク曲線をグラフ上に描くことができる。

【0114】このような AC 値のピーク曲線を描くと、ゲート電極上とガラス基板上ともに良好なグレインサイズを得られるレーザパワーの許容範囲 (ポリシリコン膜の製造マージン) を求めることができる。具体的には、製造マージンの下位限界のレーザパワーは、ゲート電極上のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最低許容エネルギー (L) に対応したレーザパワー、具体的には、図 21 及び図 22 に示したゲート電極上の AC 値の太線で描いた部分の左端のレーザパワー (MO (L))

となる。また、製造マージンの上位限界のレーザパワーは、ガラス基板上のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最高許容エネルギー (H) に対応したレーザパワー、具体的には、図 21 及び図 22 に示したガラス基板上の AC 値の太線で描いた部分の右端のレーザパワー (G (H)) となる。

【0115】そして、このように求めた製造マージンの中間値を求め、この中間値におけるレーザパワーを最適値として設定する。

【0116】以上のように AC 値を求めて、製造マージンを求め、この製造マージンを最適値として設定することによって、ボトムゲート型 TFT の歩留まりを高くすることができる。

【0117】つぎに、図 23 に示すような、エキシマレーザアニール装置 30 により製造されたボトムゲート型 TFT のポリシリコン膜の撮像画像から得られた AC 値を評価して、その評価結果をポリシリコン膜の良否判断に適用する適用例 (IPQC: In Process Quality Control) について説明する。

【0118】エキシマレーザアニール装置は、上述したようにレーザパワーの設定値に対して、実際のレーザパワーの出力値の変動が比較的に大きい。したがって、ポリシリコン膜評価装置 20 は、その良否判断を全数又は全数同等に対して行い、このエキシマレーザアニール工程での不良を後段の工程に送らないようにする。

【0119】具体的には、ポリシリコン膜評価装置 20 は、その良否判断を以下のように行う。

【0120】まず、ボトムゲート型 TFT の場合、良品となる範囲は、ゲート電極上のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最低許容エネルギー (L) から、ガラス基板上のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最高許容エネルギー (H) に対応したレーザパワーまでで、レーザアニールを行った場合である。具体的には、図 24 に示すゲート電極上の AC 値の太線で描いた部分の左端のレーザパワーから、ガラス基板上の AC 値の太線で描いた部分の右端のレーザパワーである。すなわち、図 24 に示す ③、④の範囲に入るレーザパワーでレーザアニールを行った場合には、そのポリシリコン膜は良品となる。

【0121】そこで、ポリシリコン膜評価装置 20 は、まず、ゲート電極上のポリシリコン膜の AC 値を求める。続いて、この AC 値が、ポリシリコン膜に許容最低エネルギー L を与えたときに求められる閾値  $AC_L (M_o)$  より大きいか否かを判断する。ここで、AC 値が、閾値  $AC_L (M_o)$  より大きければ、図 24 に示す ③の範囲に入っており、そのポリシリコン膜が良品であると判断する。

【0122】AC 値が閾値  $AC_L$  より小さければ、続いて、次の判断をする。ここで、ガラス基板上のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最高許容エネルギー



( H ) に対応したレーザパワーにより、ゲート電極上のポリシリコン膜をレーザアニールをしたときの自己相関値を、閾値  $AC_B$  とする。このときに、ゲート電極上のポリシリコン膜の  $AC$  値が閾値  $AC_L$  ~ 閾値  $AC_B$  の範囲にあり、且つ、ガラス基板上のポリシリコン膜の  $AC$  値が閾値  $AC_B$  より低くなっているか否かを判断する。この条件を満足する場合には、図 24 に示す④の範囲に入っており、そのポリシリコン膜が良品であると判断し、この条件を満足しない場合には、図 24 に示す①、②、⑥の範囲に入っており、ポリシリコン膜は不良品であると判断する。

【0123】以上のように、ゲート電極上及びガラス基板上のポリシリコン膜の  $AC$  値を求め、ゲート電極上とガラス基板上のポリシリコン膜の自己相関値の特性の違いを利用して、ポリシリコン膜が良品であるか否かを判断することにより、レーザアニール処理工程以後の後段の処理を軽減することができる。

【0124】例えば、図 25 ( A )、図 25 ( B ) に示すように、1 つのガラス基板上に複数の LCD が形成される場合にも、全ての LCD に対して検査を行うことにより、部分的に不良が発生した場合でも、その不良位置を判断することができ、後段の処理を軽減することができる。

【0125】

【発明の効果】本発明にかかるポリシリコン評価方法では、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0126】このことにより本発明にかかるポリシリコン評価方法では、被破壊で容易にポリシリコンの評価をすることができ、また、目視検査等によらず数値演算が可能となるので、自動評価が可能となり、さらに、高い精度で客観的な評価を行うことができる。

【0127】本発明にかかるポリシリコン検査装置では、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0128】このことにより本発明にかかるポリシリコン検査装置では、被破壊で容易にポリシリコンの検査をすることができ、また、目視検査等によらず数値演算が可能となるので、自動検査が可能となり、さらに、高い精度で客観的な検査を行うことができる。

【0129】本発明にかかる薄膜トランジスタ製造方法は、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0130】このことにより本発明にかかる薄膜トランジスタでは、被破壊で容易にポリシリコンの検査をすることができ、検査工程を製造工程に組み込むことが可能となる。また、目視検査等によらず数値演算が可能となるので、自動検査が可能となり、また、高い精度で客観的な検査を行うことができる。また、検査結果をアニール処理工程にフィードバックして、製造する薄膜トラン

ジスタの歩留まりを高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】ボトムゲート型 TFT の模式的な断面構成を説明する図である。

【図 2】ポリシリコン膜を形成したのちのボトムゲート型 TFT の断面構成を説明するための図である。

【図 3】ポリシリコン膜のグレーンサイズと、エキシマレーザアニールで与えられるエネルギーとの関係を説明するための図である。

【図 4】レーザパワーを最適値としてエキシマレーザアニールを行ったときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも少ないパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも大きいパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像とを説明するための図である。

【図 5】本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置の構成図である。

【図 6】ポリシリコン膜の評価手順を説明するためのフローチャートである。

【図 7】周期性が高い場合の自己相関画像を説明するための図である。

【図 8】周期性が低い場合の自己相関画像を説明するための図である。

【図 9】ポリシリコン膜の他の評価手順を説明するためのフローチャートである。

【図 10】上記他の評価手順で評価した場合の周期性が高い場合の自己相関画像を説明するための図である。

【図 11】上記他の評価手順で評価した場合の周期性が低い場合の自己相関画像を説明するための図である。

【図 12】具体的な撮像画像に対する求められた  $AC$  値の特性を説明する図である。

【図 13】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーに対する自己相関値の特性を説明するための図である。

【図 14】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーに対する  $AC$  値及びグレーンサイズの特性を説明するための図である。

【図 15】ボトムゲート型 TFT におけるエキシマレーザのレーザパワーに対する  $AC$  値の特性を説明するための図である。

【図 16】ボトムゲート型 TFT のポリシリコン膜について、エキシマレーザのレーザパワーに対する  $AC$  値の具体的な実験データの一例を説明するための図である。

【図 17】紫外光レーザを用いた顕微鏡装置 ( DUV ) で撮像した画像に基づき  $AC$  値を求めた場合の特性と、SEM で撮像した画像に基づき  $AC$  値を求めた場合の特性とを比較して説明するための図である。

【図 18】ボトムゲート型 TFT の製造プロセスにポリシリコン膜評価装置を適用した具体的な適用例 ( EQC ) の構成を説明するための図である。

【図 19】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーの製

造マージンと、エキシマレーザパワーの変動との関係を説明するための図である（最適にレーザパワーが設定されている場合）。

【図20】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーの製造マージンと、エキシマレーザパワーの変動との関係を説明するための図である（最適にレーザパワーが設定されていない場合）。

【図21】ボトムゲート型TFTの製造マージンとレーザパワーとの関係の一例を示し、この一例からレーザパワーの最適値を求めるための方法を説明するための図である。

【図22】ボトムゲート型TFTの製造マージンとレーザパワーとの関係の他の一例を示し、この他の一例からレーザパワーの最適値を求めるための方法を説明するための図である。

【図23】ボトムゲート型TFTの製造プロセスにポリシリコン膜評価装置を適用した他の具体的な適用例（IPQC）の構成を説明するための図である。

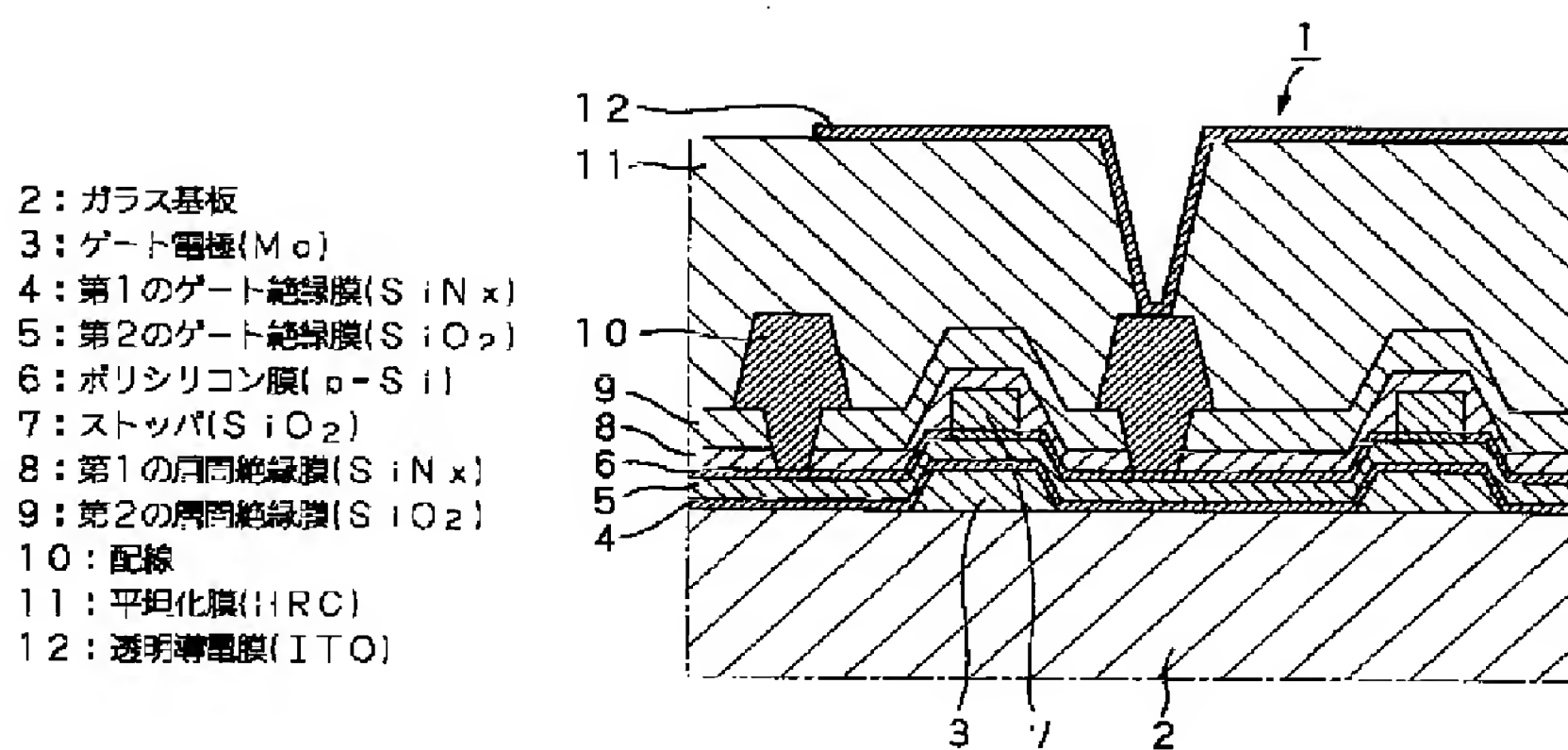
【図24】ボトムゲート型TFTのAC値からポリシリコン膜の良否判定をする方法を説明するための図である。

【図25】ガラス基板上に形成された複数のLCDに対して上記良否判断をしたときの判断結果の一例を説明するための図である。

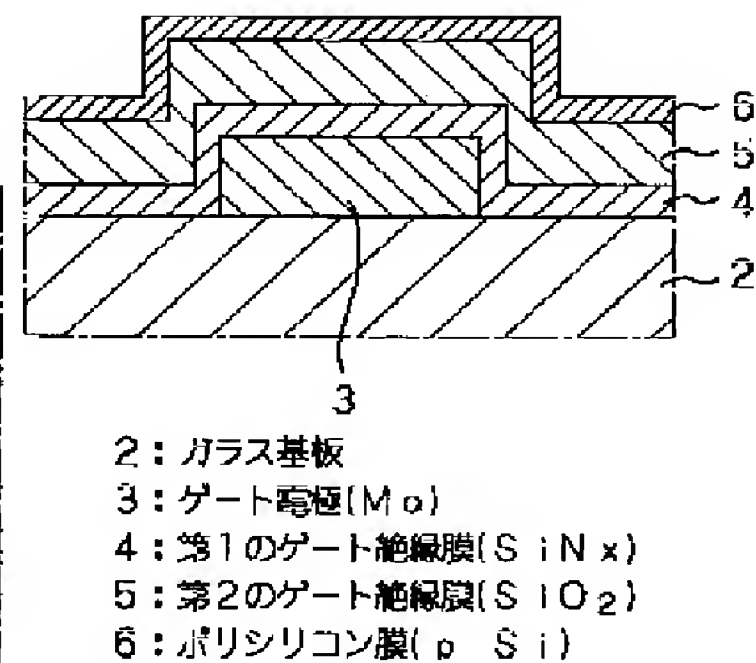
【符号の説明】

1 ボトムゲート型TFT、ガラス基板、3 ゲート電極、4 第1のゲート絶縁膜、5 第2のゲート絶縁膜、6 ポリシリコン膜、20 ポリシリコン膜評価装置、30 エキシマレーザアニール装置

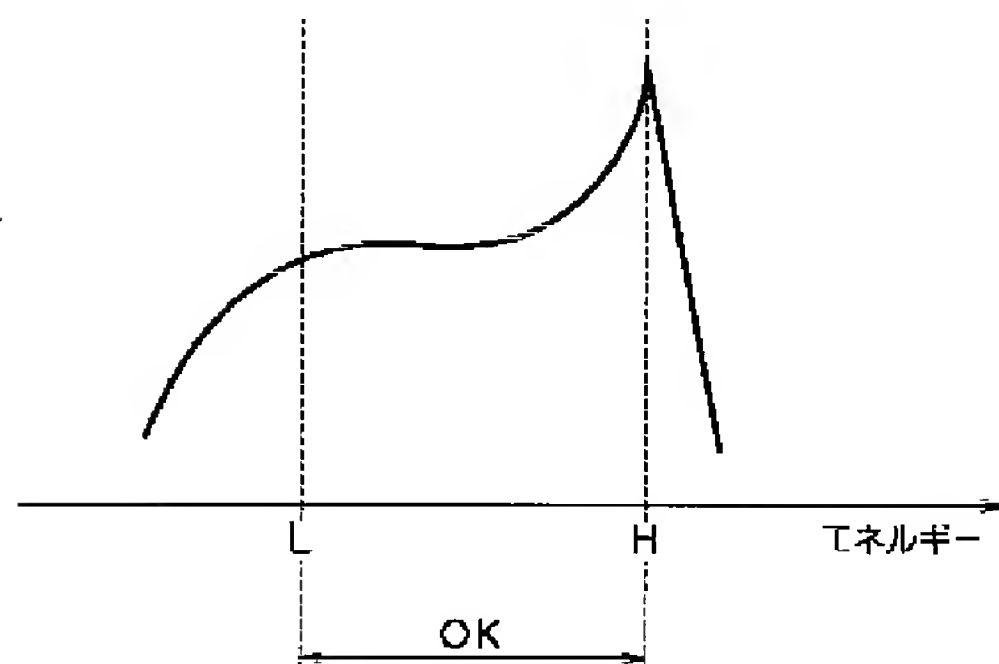
【図1】



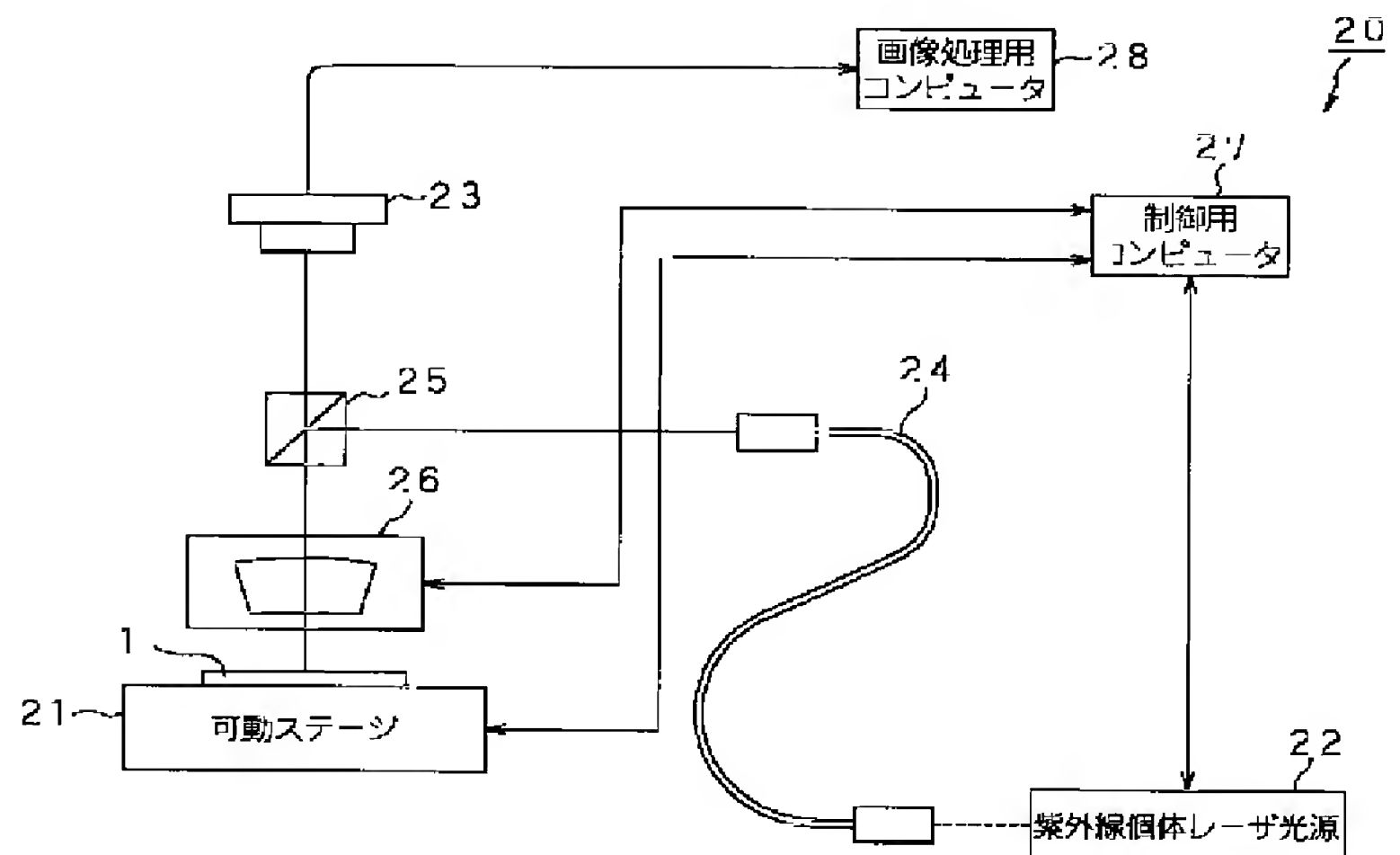
【図2】



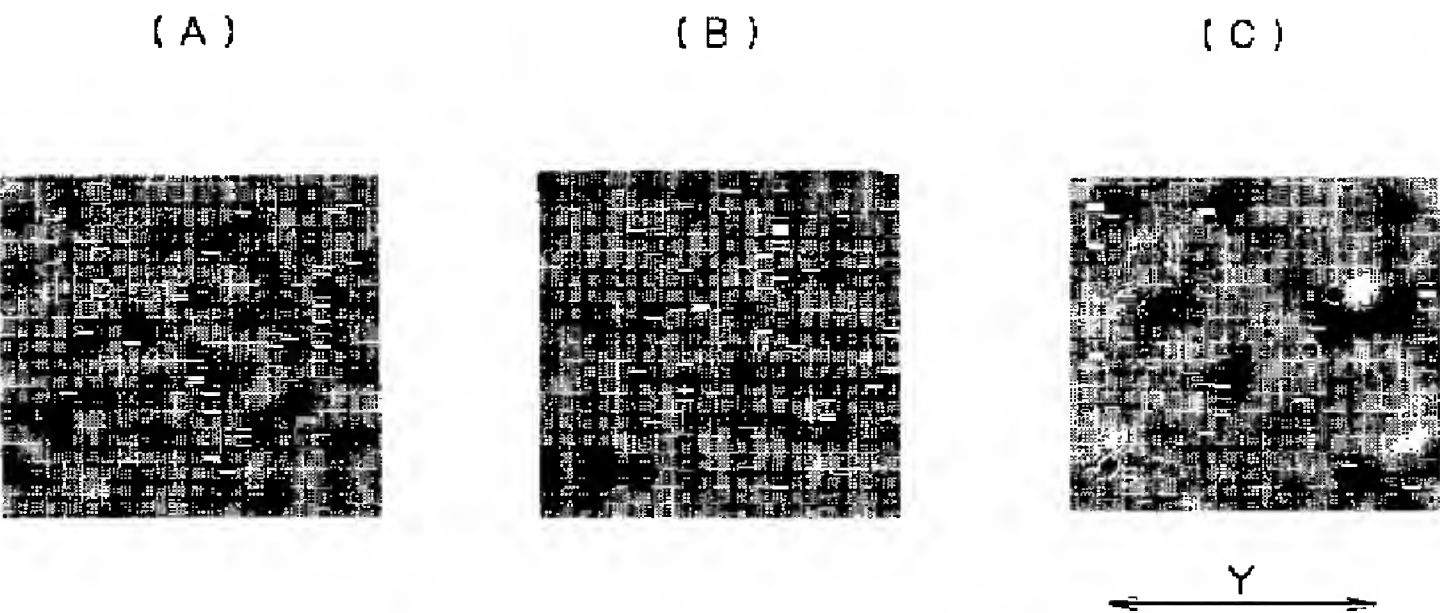
【図3】



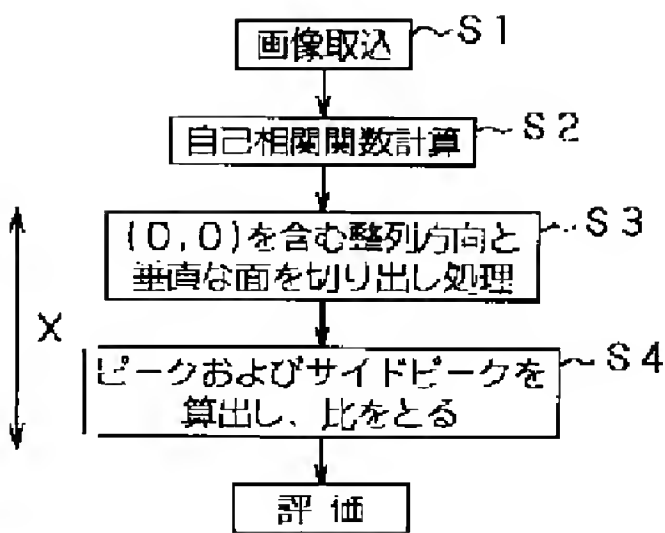
【図5】



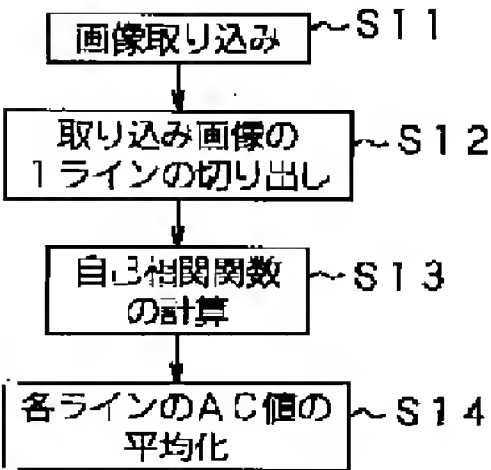
【図4】



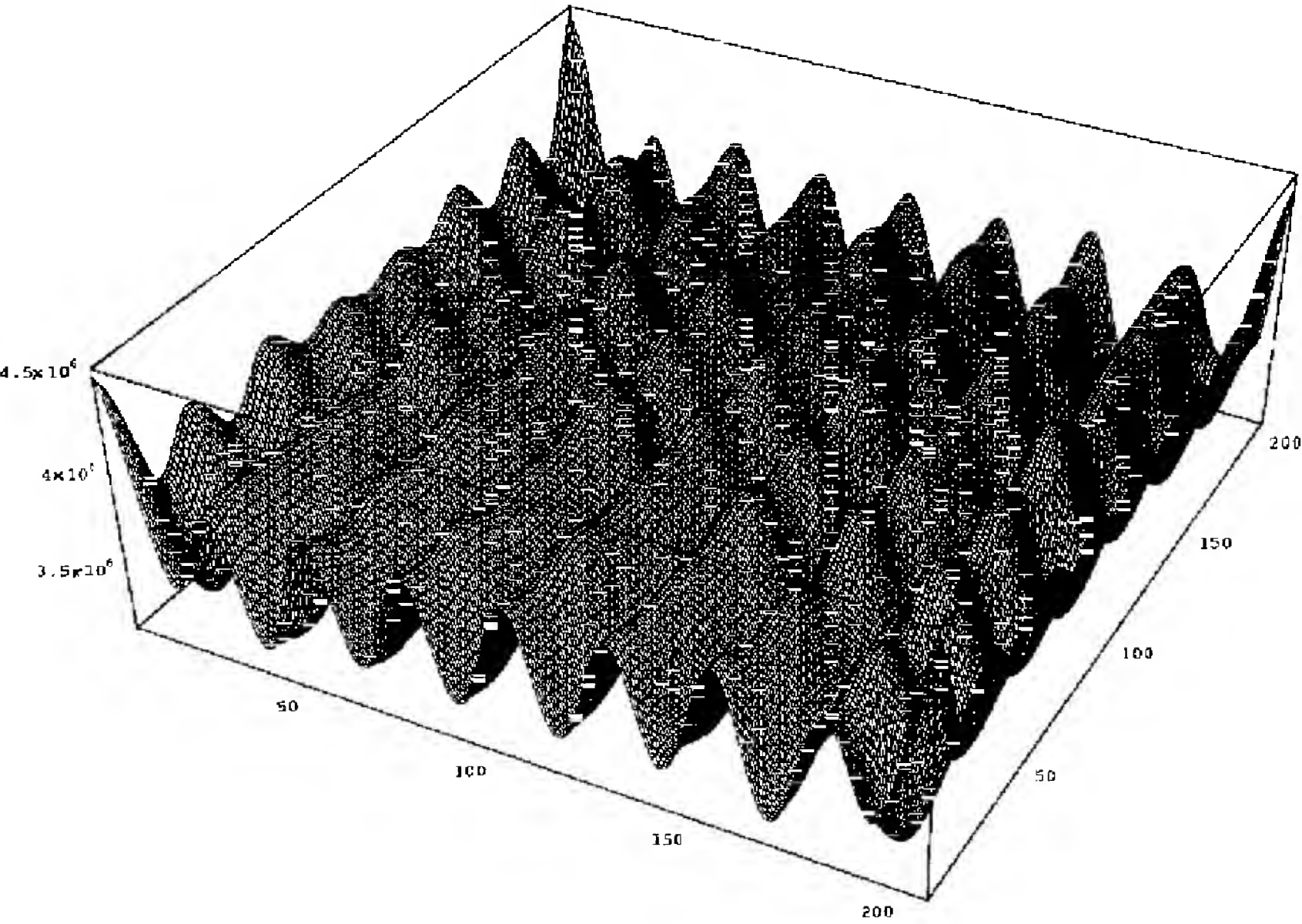
【図6】



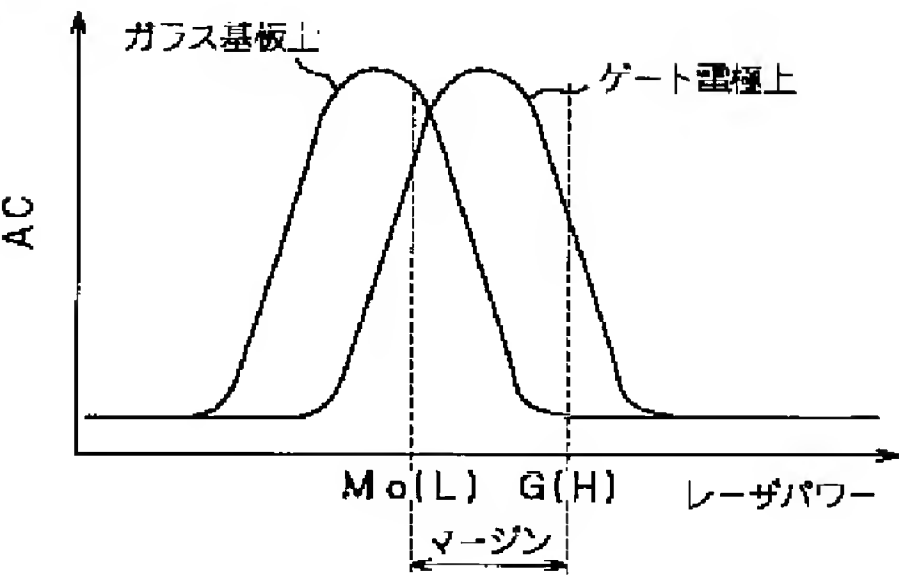
【図9】



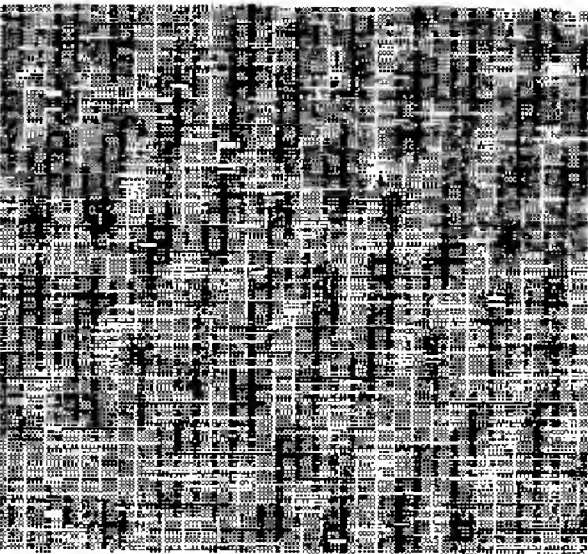
【図7】



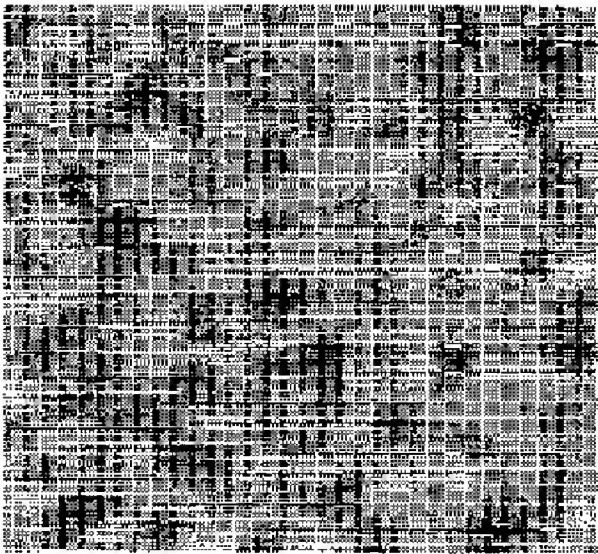
【図15】



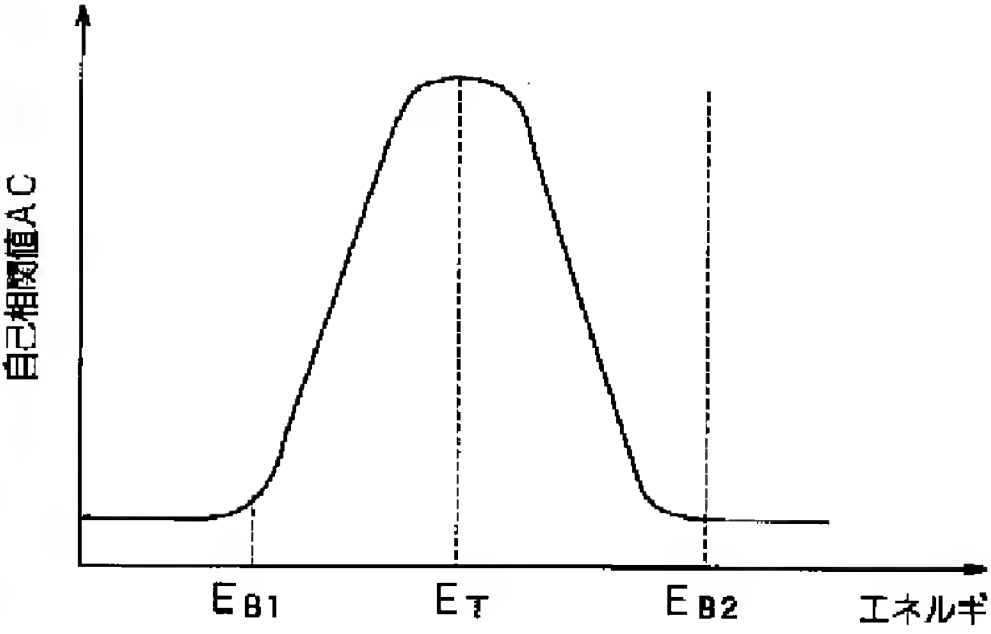
【図10】



【図11】

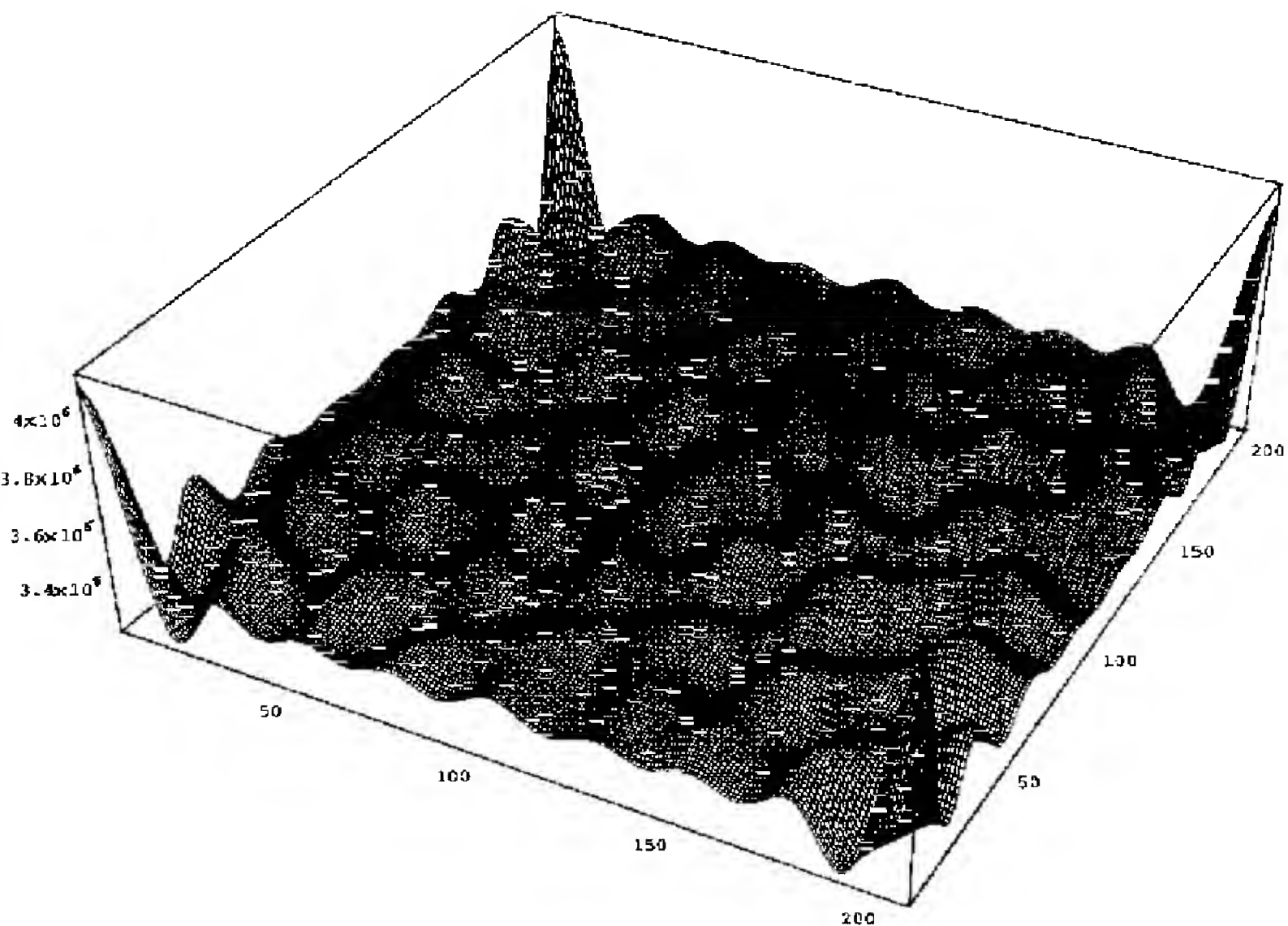


【図13】

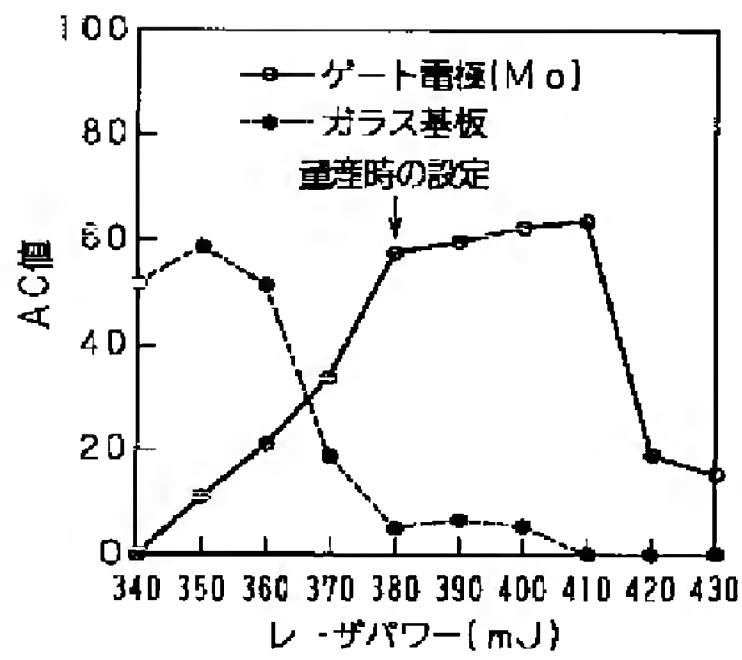




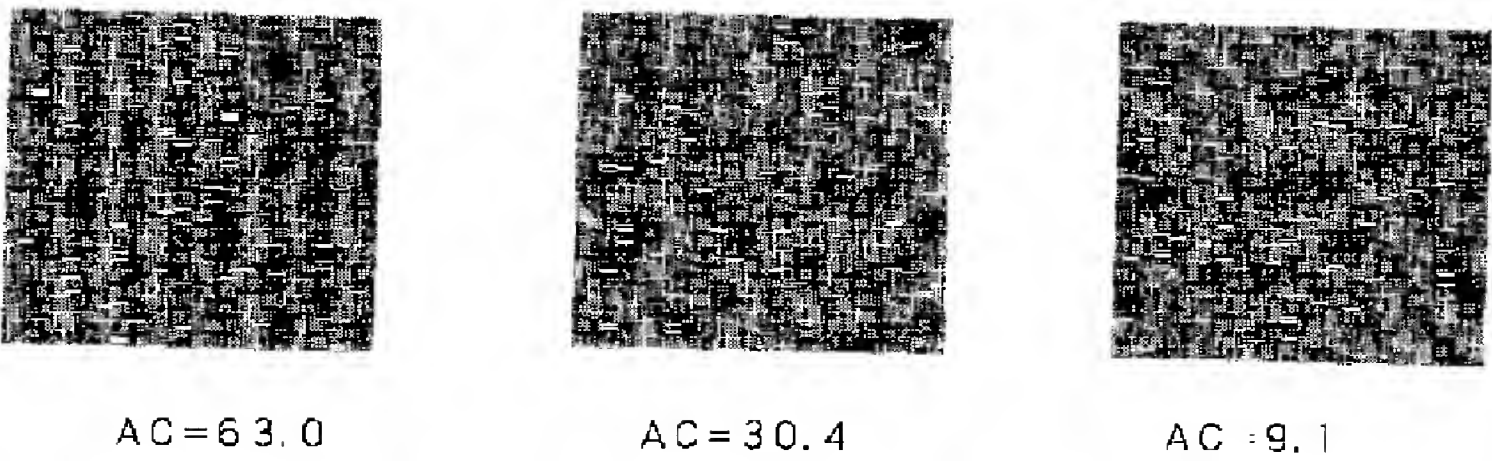
【図8】



【図16】

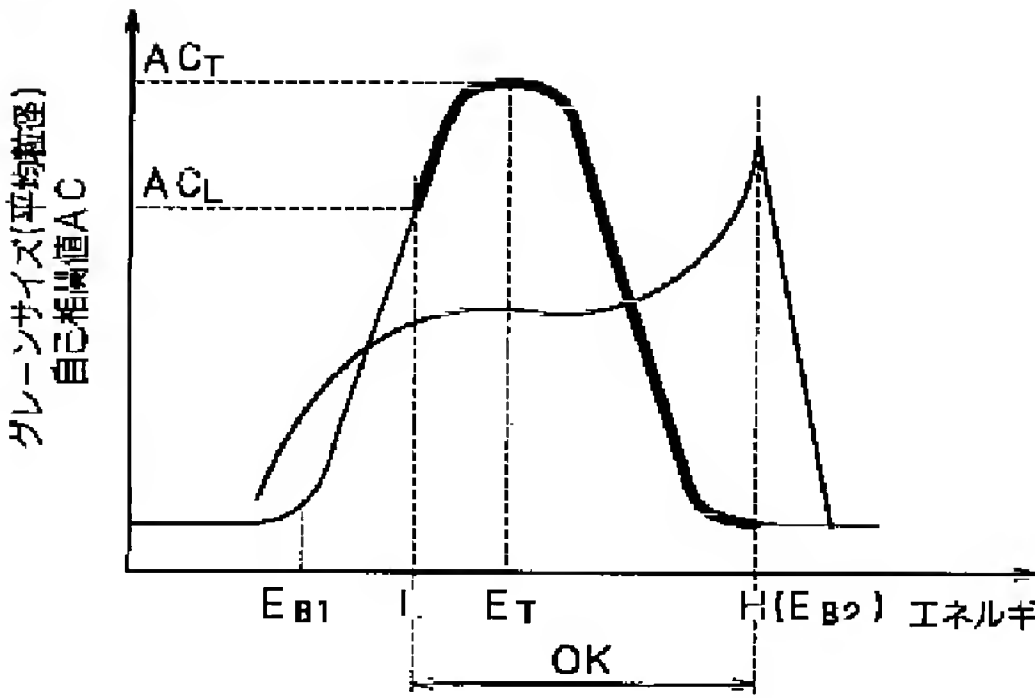


【図12】

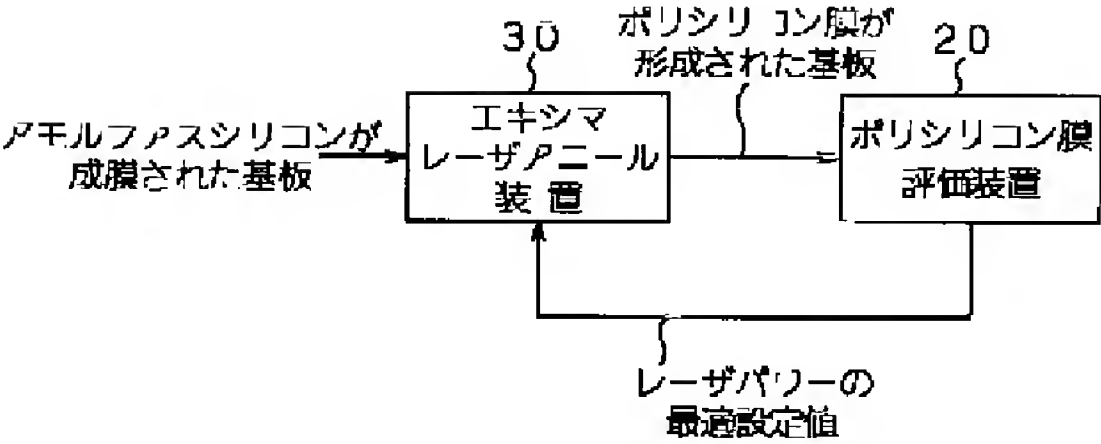


人間の見た目の直線性とAC値の比較

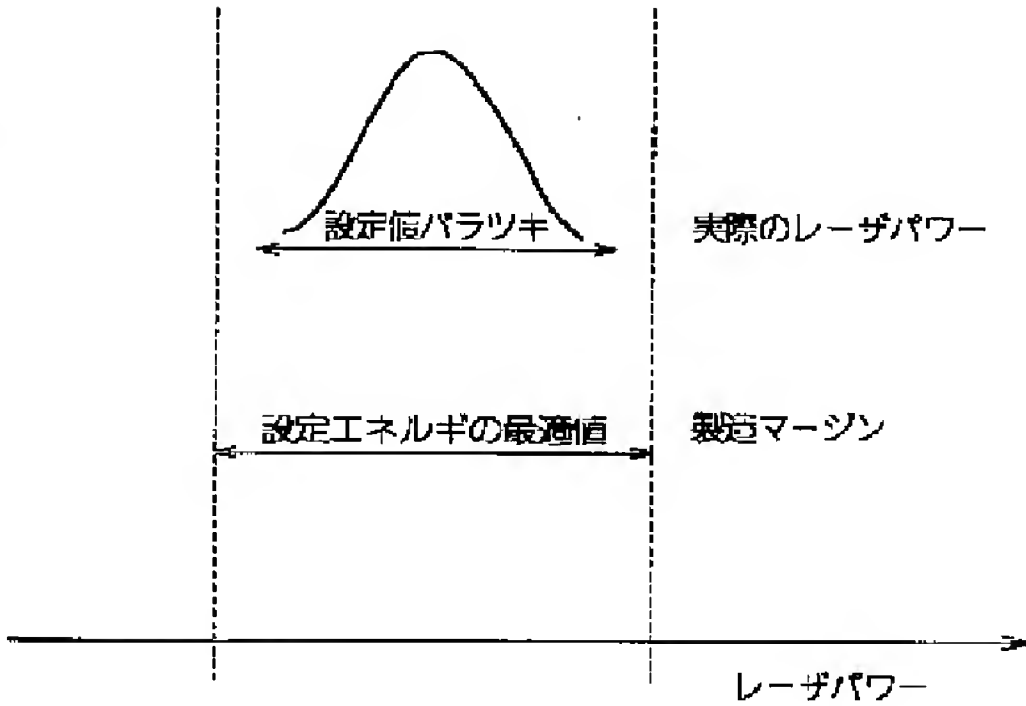
【図14】



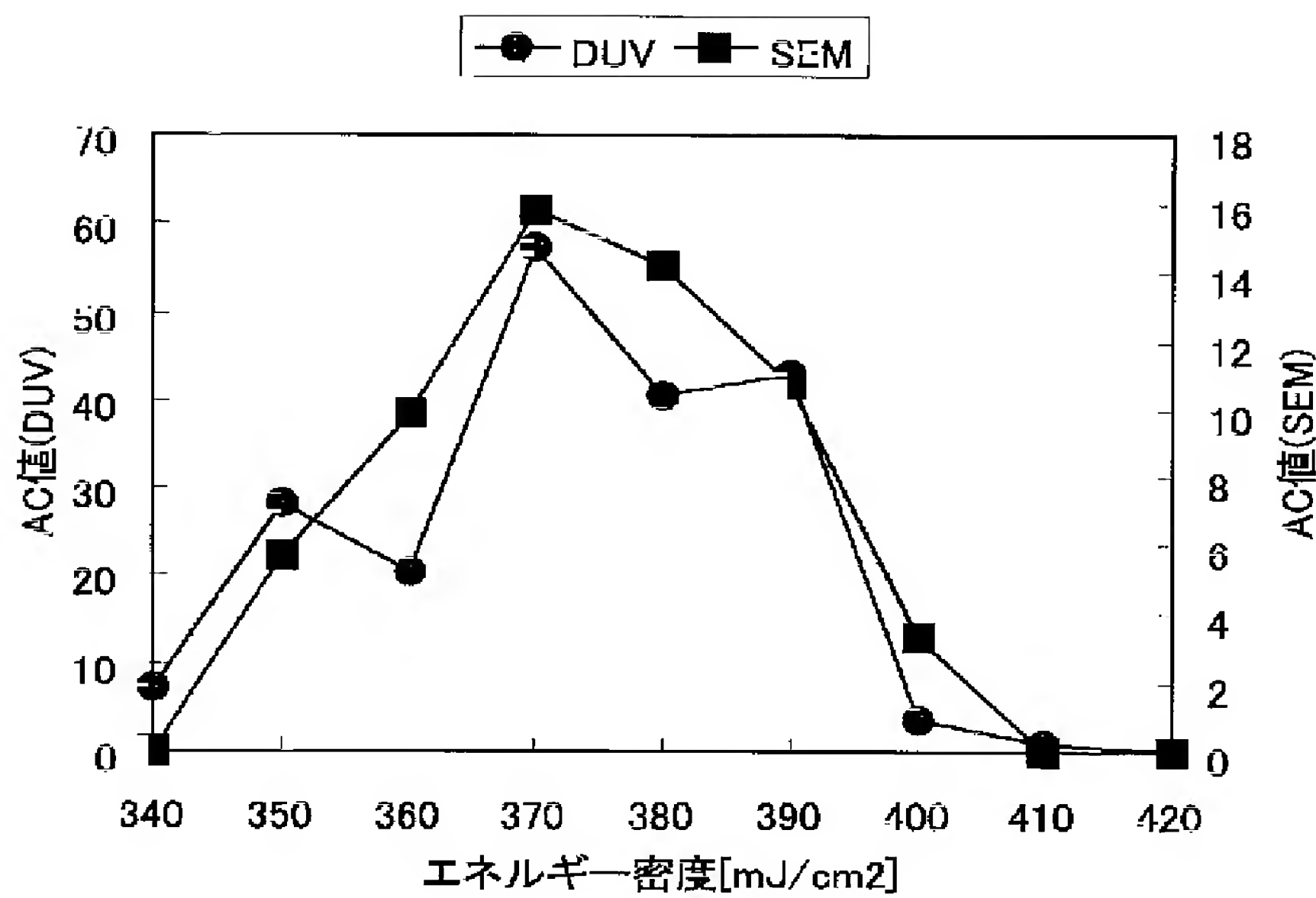
【図18】



【図19】



【図17】



【図25】

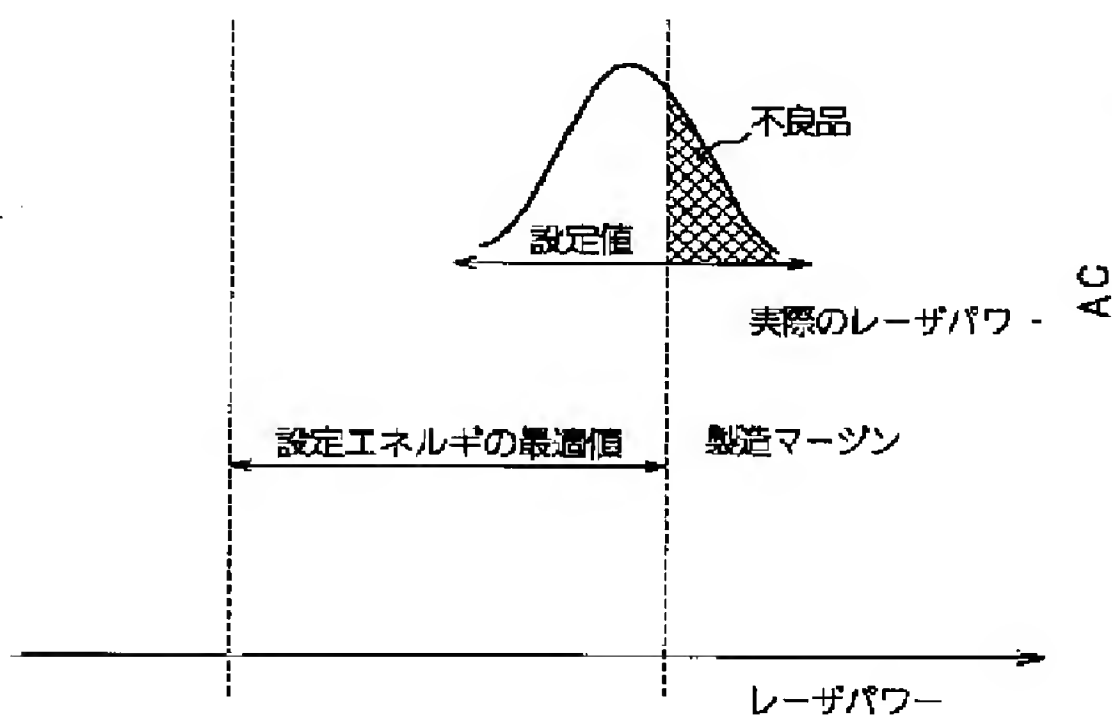
(A)

良品	良品	不良品	良品
不良品	良品	良品	良品
良品	不良品	良品	良品
良品	良品	良品	不良品

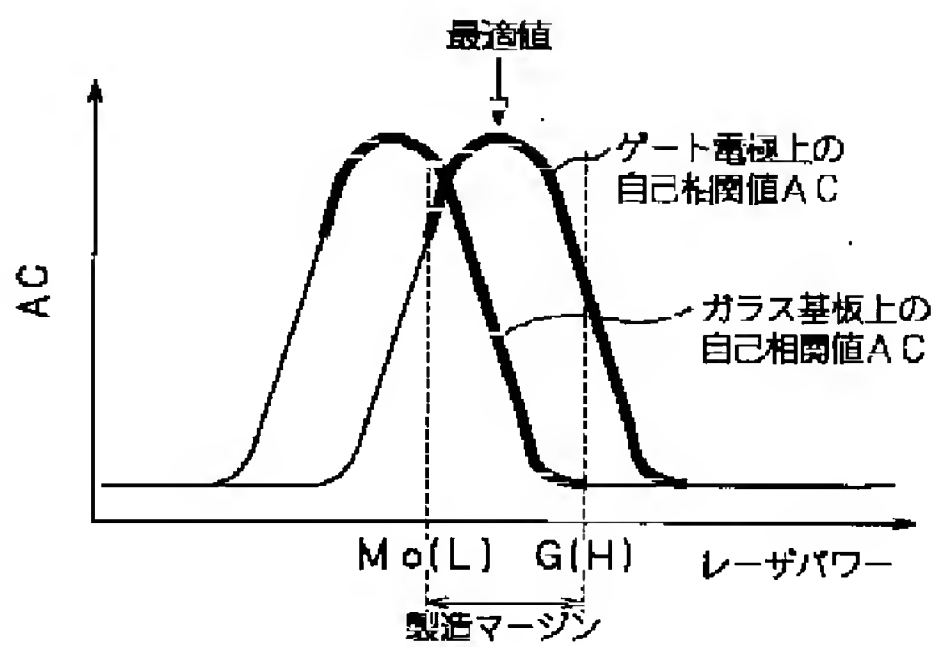
(B)

良品	良品	良品	良品
良品	不良品	不良品	良品
良品	不良品	不良品	良品
良品	良品	良品	良品

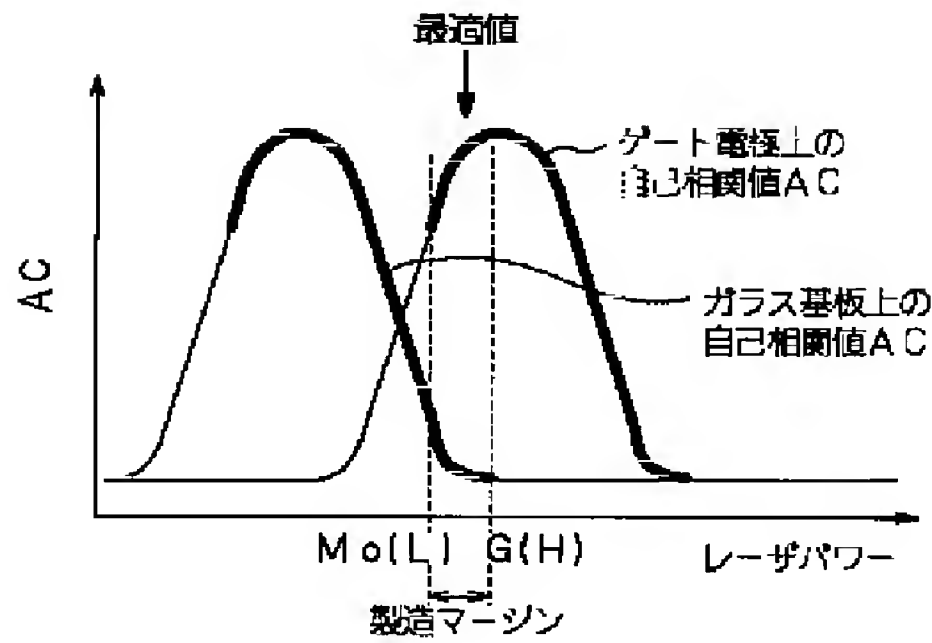
【図20】



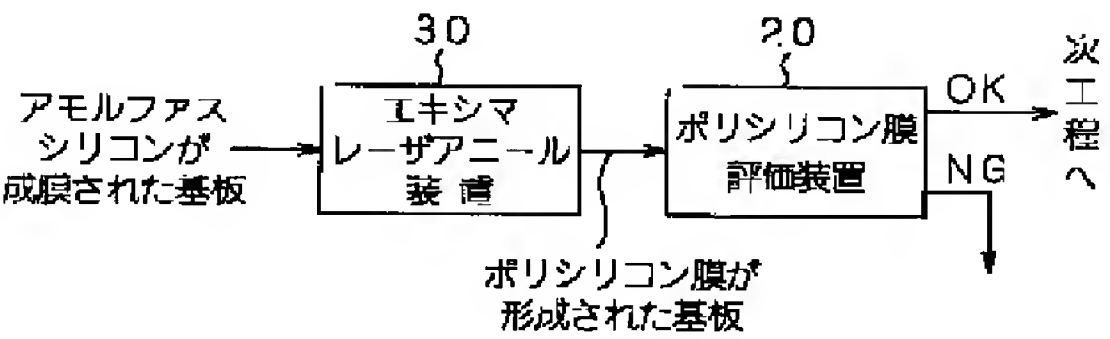
【図21】



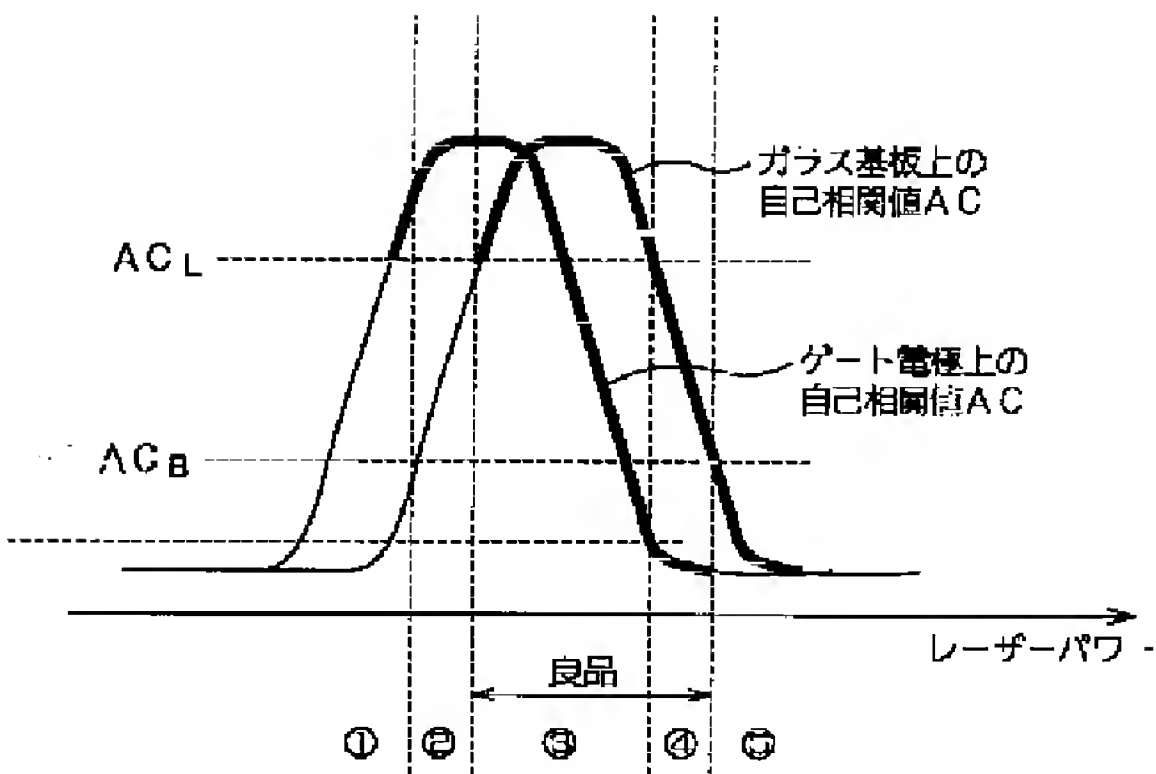
【図22】



【図23】



【図 24】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup> H 0 1 L 21/336	識別記号	F I H 0 1 L 29/78	(参考) 6 2 7 G
(72)発明者 田口 歩 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ ー株式会社内		(72)発明者 高德 真人 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ ー株式会社内	
(72)発明者 田附 幸一 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ ー株式会社内		(72)発明者 菅野 幸保 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ ー株式会社内	
(72)発明者 梅津 暢彦 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ ー株式会社内		F ターム(参考) 2G051 AA51 AB20 BA05 BA10 BB17 BC05 CA03 CA04 CB06 DA07 EB01 EB02 EC03 EC06 ED07	
(72)発明者 久保田 重夫 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ ー株式会社内		2H092 JA25 JA26 KA04 KA05 MA30 NA21 NA25 NA30	
(72)発明者 阿部 哲夫 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ ー株式会社内		4M106 AA01 AA10 AB01 BA05 CA38 DB04 DB08 DJ17 DJ18 DJ19 DJ20 DJ21	
(72)発明者 大島 朗文 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ ー株式会社内		5F052 AA02 BA07 BB07 CA07 DA02 DB02 JA10	
(72)発明者 服部 正 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ ー株式会社内		5F110 AA24 AA26 CC08 DD02 EE04 FF02 FF03 FF09 GG02 GG13 GG22 GG25 GG47 HJ12 HL03 HL04 HL07 HL11 NN03 NN04 NN12 NN14 NN23 NN24 PP03 PP05 PP06 PP24 PP40 QQ19 QQ30	



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-196430

(43)Date of publication of application : 19.07.2001

---

(51)Int. Cl.

H01L 21/66

G01N 21/956

G02F 1/1368

H01L 21/20

H01L 29/786

H01L 21/336

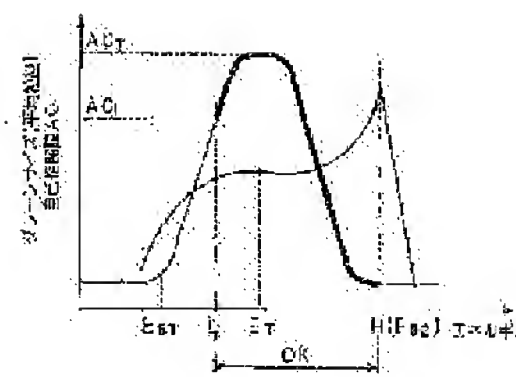
---

(21)Application number : 2000- (71)Applicant : SONY CORP  
005994

(22)Date of filing : 07.01.2000 (72)Inventor : WADA HIROYUKI  
HIRATA YOSHIMI  
TAGUCHI AYUMI  
TATSUKI KOICHI  
UMETSU NOBUHIKO  
KUBOTA SHIGEO  
ABE TETSUO  
OOSHIMA AKIFUMI  
HATTORI TADASHI  
TAKATOKU MASATO  
SUGANO YUKIYASU

---

(54) POLYSILICON EVALUATION METHOD, POLYSILICON INSPECTION DEVICE, AND  
METHOD OF MANUFACTURING THIN FILM TRANSISTOR



# (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To evaluate the state of a polysilicon film formed by annealing an amorphous silicon film with an excimer laser.

SOLUTION: Linearity or periodicity appears in the spatial structure of the film surface of a polysilicon film corresponding to energy given to an amorphous silicon film when the amorphous silicon film is subjected to an annealing treatment for the formation of the polysilicon film. The linearity or periodicity is subjected to image processing, and then the linearity or periodicity is digitized using the auto-correlation function. The state of a polysilicon film is decided based on a digitized result.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of  
application other than the  
examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for  
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The polish recon assessment approach characterized by evaluating the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the above-mentioned polish recon film, and evaluating the condition of the above-mentioned polish recon film based on the assessment result of this linearity and/or periodicity in the assessment approach of evaluating the polish recon film formed by carrying out annealing treatment of the amorphous silicon film.

[Claim 2] The polish recon assessment approach according to claim 1 characterized by evaluating the polish recon film formed by performing laser annealing treatment to the amorphous silicon film.

[Claim 3] The polish recon assessment approach according to claim 2 characterized by evaluating the polish recon film formed by performing laser annealing treatment by the laser beam by which the exposure side was made the line to the amorphous silicon film.

[Claim 4] The polish recon assessment approach according to claim 3 characterized by evaluating the polish recon film formed by performing excimer laser annealing treatment to the amorphous silicon film.

[Claim 5] The polish recon assessment approach according to claim 1 characterized by picturizing the image on the front face of the film of the above-mentioned polish recon film, and evaluating the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film from the autocorrelation nature of this image.

[Claim 6] The polish recon assessment approach according to claim 1 characterized by irradiating ultraviolet laser at the above-mentioned polish recon film, and evaluating the linearity and/or periodicity of space structure of this polish recon film which picturized and picturized the image of this polish recon film. [ of a surface image ]

[Claim 7] In the test equipment which inspects the polish recon film formed by carrying out annealing treatment of the amorphous silicon film The linearity and/or periodicity of space structure on the front face of



the film of the above-mentioned polish recon film observed by observation means to observe the space structure of the front face of the above-mentioned polish recon film, and the above-mentioned observation means are evaluated. Polish recon test equipment characterized by having an inspection means to inspect the condition of the above-mentioned polish recon film, based on the assessment result of this linearity and/or periodicity.

[Claim 8] The above-mentioned inspection means is polish recon test equipment according to claim 7 characterized by evaluating the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film to the polish recon film formed by performing laser annealing treatment to the amorphous silicon film.

[Claim 9] The above-mentioned inspection means is polish recon test equipment according to claim 8 characterized by evaluating the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film to the polish recon film formed by performing laser annealing treatment by the laser beam by which the exposure side was made the line to the amorphous silicon film.

[Claim 10] The above-mentioned inspection means is polish recon test equipment according to claim 9 characterized by evaluating the polish recon film formed by performing excimer laser annealing treatment to the above-mentioned amorphous silicon film.

[Claim 11] It is polish recon test equipment according to claim 7 which the above-mentioned observation means picturizes the image on the front face of the film of the above-mentioned polish recon film, and is characterized by evaluating the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film from the autocorrelation nature of the image on the front face of the film of the above-mentioned polish recon film with which the above-mentioned observation means picturized the above-mentioned inspection means.

[Claim 12] The above-mentioned observation means is polish recon test equipment according to claim 7 characterized by irradiating ultraviolet laser at the above-mentioned polish recon film, and observing the surface image of this polish recon film.

[Claim 13] The amorphous silicon membrane formation process which forms the amorphous silicon film in the thin film transistor manufacture approach of manufacturing a thin film transistor, The polish recon film formation process which performs annealing treatment to the above-mentioned amorphous silicon film which formed membranes, and forms the polish recon film, The thin film transistor manufacture approach characterized by having the assessment process which evaluates the

linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the above-mentioned polish recon film which were formed, and evaluates the condition of the above-mentioned polish recon film based on the assessment result of this linearity and/or periodicity.

[Claim 14] The thin film transistor manufacture approach according to claim 13 characterized by performing laser annealing treatment to the amorphous silicon film, and forming the polish recon film in the above-mentioned polish recon film formation process.

[Claim 15] The thin film transistor manufacture approach according to claim 14 characterized by for an exposure side performing laser annealing treatment by the laser beam made into the line, and forming the polish recon film to the amorphous silicon film in the above-mentioned polish recon film formation process.

[Claim 16] The thin film transistor manufacture approach according to claim 15 characterized by performing excimer laser annealing treatment to the amorphous silicon film, and forming the polish recon film in the above-mentioned polish recon film formation process.

[Claim 17] The thin film transistor manufacture approach according to claim 13 characterized by picturizing the surface image of the formed above-mentioned polish recon film at the above-mentioned assessment process, asking for the autocorrelation nature of this surface image, and evaluating the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film.

[Claim 18] The thin film transistor manufacture approach according to claim 13 characterized by irradiating ultraviolet laser at the above-mentioned polish recon film, and evaluating by the above-mentioned assessment process based on the surface image which picturized and picturized the surface image of the above-mentioned polish recon film.

[Claim 19] The thin film transistor manufacture approach according to claim 13 characterized by controlling the energy given to the above-mentioned amorphous silicon film in annealing treatment according to the result evaluated by the above-mentioned polish recon film formation process at the above-mentioned assessment process.

.....  
[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the thin film transistor manufacture approach of having the polish recon film which generated by carrying out annealing treatment to the amorphous silicon in the test equipment and the list which inspect the polish recon film formed by carrying out annealing treatment to the polish recon assessment approach of evaluating the condition of the polish recon film which generated by carrying out annealing treatment to the amorphous silicon, and an amorphous silicon.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, utilization of a thin film transistor which used the polish recon film for the channel layer is advanced. Since the electric-field mobility of a thin film transistor becomes very high when polish recon is used for a channel layer, for example, when it uses as actuation circuits, such as a liquid crystal display, a raise in the brilliance of a display, improvement in the speed, a miniaturization, etc. can be realized.

[0003] Moreover, also as for the so-called low-temperature polycrystallized process which heat-treats an amorphous silicon using a excimer laser annealer, and forms the polish recon film, development is progressing in recent years. By applying such a low-temperature polycrystal process to the manufacture process of a thin film transistor, the heat damage to a glass substrate becomes low, and can use a cheap glass substrate by the heat-resistant large area.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the output power of the excimer laser annealer used in a low-temperature polycrystal process is unstable, the grain size of the polish recon formed is changed sharply. Therefore, the polish recon film formed using the excimer laser annealer had the trouble of becoming poor [ the so-called line which does not serve as always good grain size, for example, a silicon crystal microcrystal-izes ], or becoming the so-called write-



in defect from which sufficiently big grain size is not obtained.  
[0005] Then, judging whether the product which carried out total inspection of the condition of the crystal of the polish recon film currently formed in that outermost surface, or sampled the product at random, inspected the condition of a crystal, and was generally manufactured in the phase which the polycrystal chemically-modified [ of the polish recon film ] degree ended when annealing treatment was performed using such a excimer laser annealer is a defective in this phase is performed. Moreover, the energy information given to the polish recon film is fed back to a excimer laser annealer at a excimer laser annealer, and setting out of the optimal laser power is performed.

[0006] however -- for evaluating the polish recon film -- a spectrum -- there is only a sensuous method of picturizing a surface image using ERIPUS0, a scanning electron microscope, etc., viewing the surface image, and judging the condition of a crystal, and it was not able to be judged objective by non-contact. Moreover, it was inefficient in time [ such an approach ] and in cost, and it difficult to use in an in process.

[0007] This invention is carried out in view of such the actual condition, and aims at being non-contact objective, and it being accurate, and evaluating the condition of the formed polish recon film automatically.

[0008]

[Means for Solving the Problem] As a result of repeating examination wholeheartedly that this invention person should attain the above-mentioned object, when annealing treatment is performed to the amorphous silicon film and the polish recon film is formed It responds to the energy given to an amorphous silicon at the time of this annealing treatment. It finds out that linearity and/or periodicity appear in the space structure on the front face of the film of the formed polish recon film, and evaluating the linearity and/or periodicity of space structure of this front face came to find out with the effective thing in assessment of the polish recon film.

[0009] Moreover, when the linearity and/or periodicity on the front face of the film of the polish recon film which appeared when this invention person did annealing treatment gave a certain fixed energy, they found out becoming max. Adjusting and controlling the energy given from this to the amorphous silicon film based on the energy with which the surface linearity and/or the periodicity of space structure of the polish recon film serve as max came to find out with the thing effective in making the property of the polish recon film to form good.

[0010] Specifically, this invention person found out that linearity

and/or periodicity appeared in the space structure on the front face of the film of this polish recon, when the polish recon which is the channel of the thin film transistor formed on the substrate was formed. [0011] For example, when a channel forms the thin film transistor formed by polish recon on a glass substrate, the polish recon film is formed by performing laser annealing treatment using the excimer laser which forms an amorphous silicon and by which the exposure side was made the line to the amorphous silicon which formed membranes. Here, the laser annealing treatment by excimer laser gives heat energy to the whole glass substrate surface, moving a laser beam in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of the exposure side made into the line.

[0012] this invention person changed into the condition that irregularity was formed for the polish recon film formed of excimer laser annealing treatment in this way on the front face, and it found out further being linearly formed in the direction where the irregularity is parallel to the migration direction of a laser beam. Moreover, this invention person found out that the concavo-convex configuration formed in the front face of the polish recon film was periodic in the direction which intersects perpendicularly in the migration direction of a laser beam.

[0013] And in order to evaluate whether the formed polish recon film is usable as a thin film transistor, evaluating such linearity and/or periodicity came to find out this invention person with the effective thing. Moreover, this invention person came to find out with what has that effective the result of having evaluated such linearity and/or periodicity uses for adjustment and control of the energy of excimer laser.

[0014] The polish recon assessment approach, the polish recon test equipment, and the thin film transistor manufacture approach concerning the following this inventions are originated based on the above knowledge.

[0015] The polish recon assessment approach concerning this invention is characterized by evaluating the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the above-mentioned polish recon film, and evaluating the condition of the above-mentioned polish recon film based on the assessment result of this linearity and/or periodicity in the assessment approach of evaluating the polish recon film formed by carrying out annealing treatment of the amorphous silicon film.

[0016] This polish recon assessment approach estimates the linearity

and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the polish recon film which were formed of annealing treatment.

[0017] Moreover, the polish recon test equipment concerning this invention In the test equipment which inspects the polish recon film formed by carrying out annealing treatment of the amorphous silicon film The linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the above-mentioned polish recon film observed by observation means to observe the space structure of the front face of the above-mentioned polish recon film, and the above-mentioned observation means are evaluated. It is characterized by having an inspection means to inspect the condition of the above-mentioned polish recon film, based on the assessment result of this linearity and/or periodicity.

[0018] This polish recon test equipment estimates the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the polish recon film which were formed of annealing treatment.

[0019] Moreover, the thin film transistor manufacture approach concerning this invention The amorphous silicon membrane formation process which forms the amorphous silicon film in the thin film transistor manufacture approach of manufacturing a thin film transistor, The polish recon film formation process which performs annealing treatment to the above-mentioned amorphous silicon film which formed membranes, and forms the polish recon film, It is characterized by having the assessment process which evaluates the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the above-mentioned polish recon film which were formed, and evaluates the condition of the above-mentioned polish recon film based on the assessment result of this linearity and/or periodicity.

[0020] This thin film transistor manufacture approach estimates the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the polish recon film which were formed of annealing treatment.

[0021]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the assessment equipment of the polish recon film which applied this invention is explained as a gestalt of operation of this invention.

[0022] The assessment equipment of the polish recon film of the gestalt of operation of this invention is used for inspection of the polish recon film formed into the production process of the thin film transistor (bottom product gate mold TFT) which has for example, bottom product gate structure. The bottom product gate mold TFT is the thin film transistor by which a gate electrode, gate dielectric film, and the



polish recon film (channel layer) were considered as the configuration by which the laminating was carried out at order from the lower layer for example, on the glass substrate. That is, the bottom product gate mold TFT is TFT of a configuration of that the gate electrode is formed between the polish recon film and glass substrates used as a channel layer.

[0023] \*\*\*\* of the bottom product gate mold TFT -- the concrete example of a configuration of such a bottom product gate mold TFT is first explained using drawing 1 .

[0024] On the glass substrate 2, the laminating of the gate electrode 3, the 1st gate dielectric film 4, the 2nd gate dielectric film 5, the polish recon film 6, a stopper 7, the 1st interlayer insulation film 8, the 2nd interlayer insulation film 9, wiring 10, the flattening film 11, and the transference electric conduction film 12 is carried out, and the bottom product gate mold TFT1 is constituted, as shown in drawing 1 .

[0025] On the glass substrate 2, after 50-300nm molybdenum (Mo) is formed, patterning of the gate electrode 3 is carried out by anisotropic etching, and it is formed.

[0026] It consists of silicon nitride ( $\text{SiN}_x$ ) whose thickness is 50nm, and for example, on the glass substrate 2 with which this gate electrode 3 was formed for silicon nitride ( $\text{SiN}_x$ ), the laminating of the 1st gate dielectric film 4 is carried out, and it is formed.

[0027] The 2nd gate dielectric film 5 consists of diacid-ized silicon ( $\text{SiO}_2$ ) whose thickness is 120nm, on the 1st gate dielectric film 5, the laminating of this diacid-ized silicon ( $\text{SiO}_2$ ) is carried out, and it is formed.

[0028] The polish recon film 6 consists of polish recon (p-Si) whose thickness is 40nm. On the 2nd gate dielectric film 5, the laminating of this polish recon film 6 is carried out, and it is formed. This polish recon film 6 functions as the bottom product gate type TFT1 concerned of a channel layer. this polish recon film 6 -- for example, LPCVD -- performing annealing treatment to this amorphous silicon, after a 40nm amorphous silicon (a-Si) is formed by law etc. -- polycrystal -- it is-izing and formed. The laser annealing treatment using the excimer laser which is ultraviolet laser is used for a polycrystal chemically-modified [ of the polish recon film 6 ] degree. This excimer laser annealing treatment makes polish recon polycrystal-ize an amorphous silicon, that exposure side carrying out outgoing radiation of the laser beam of the pulse made into the line, and moving the exposure field of a pulse beam. 20cm and shorter side lay length are set [ the configuration of the exposure side ] to 400 micrometers for the die length of a longitudinal

direction, and, as for the laser beam, the frequency of a pulse is set to 300Hz. the scanning direction of the laser beam at the time of performing excimer laser annealing treatment -- a line -- it is carried out in the direction (namely, the direction of a shorter side) which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of the exposure side of laser.

[0029] And after being polycrystal-ized by excimer laser annealing, in order that this polish recon film 6 may form the source / drain field, ion doping of the impurity is carried out. This ion doping is performed, after a stopper 7 is formed in the location corresponding to this gate electrode 3 so that an impurity may not be poured into the polish recon film 6 of the part on the gate electrode 3. This stopper 7 consists of diacid-ized silicon ( $\text{SiO}_2$ ) of 200nm of thickness, and is formed using the mask used when the gate electrode 3 was formed.

[0030] The 1st interlayer insulation film 8 consists of silicon nitride ( $\text{SiN}_x$ ) whose thickness is 300nm, on the polish recon film 6, the laminating of this silicon nitride ( $\text{SiN}_x$ ) is carried out, and it is formed.

[0031] The 2nd interlayer insulation film 9 consists of diacid-ized silicon ( $\text{SiO}_2$ ) whose thickness is 150nm, on the 1st interlayer insulation film 8, the laminating of this diacid-ized silicon ( $\text{SiO}_2$ ) is carried out, and it is formed.

[0032] After opening of the contact hole for connecting the source / drain field of the polish recon film 6 is carried out to the location corresponding to the source / drain field of the 1st interlayer insulation film 8 and the 2nd interlayer insulation film 9, wiring 10 forms aluminum (aluminum) and titanium (Ti), and of etching, patterning of it is carried out and it is formed. This wiring 10 connects the source / drain field of each transistor formed on the polish recon film 6, and forms the predetermined circuit pattern on a substrate.

[0033] The flattening film (HRC) 11 is film for carrying out flattening of the bottom product gate type TFT1 concerned of front face, after wiring 10 is formed, membranes are formed, and the thickness is set to 2-3 micrometers.

[0034] The transparence electric conduction film 12 is an electric conduction line for consisting of a transparence electrical conducting material which consists of ITO etc., and connecting wiring 10, and the external component and external wiring which exist in the bottom product gate type TFT1 concerned of exterior. This transparence electric conduction film 12 is formed on the flattening film 11, after opening of the contact hole is carried out to the flattening film 11.

[0035] In the above bottom product gate molds TFT1, since polish recon is used for the channel layer, the electric-field mobility of a channel layer becomes very high. Therefore, when it uses, for example as actuation circuits, such as a liquid crystal display, highly-miniaturizing of a display, improvement in the speed, a miniaturization, etc. can be realized. Moreover, in the above bottom product gate molds TFT1, the so-called low-temperature polycrystal-ized process which forms the polish recon film 6 is used by heat-treating an amorphous silicon using excimer laser annealing. Therefore, the heat damage to the glass substrate 2 in a polycrystal-ized process decreases, and it becomes possible to use a cheap glass substrate by the heat-resistant large area.

[0036] It is said that the important element which determines the electric-field mobility of the polish recon film 6 as the need for inspection of the polish recon film in time is the grain size of polish recon. It depends for the grain size on the energy given to the polish recon film 6 at the time of excimer laser annealing treatment greatly. Therefore, control and its stabilization of the laser power at the time of excimer laser annealing treatment will influence greatly the property and yield of the bottom product gate mold TFT1 which were completed.

[0037] However, the excimer laser annealer used in excimer laser annealing treatment has the comparatively large output fluctuation of laser power which carries out outgoing radiation. Therefore, when excimer laser annealing is performed using a excimer laser annealer, it is difficult for fluctuation of the energy given to the polish recon film 6 to become large to the tolerance (manufacture margin of the polish recon film 6) of the energy which can obtain good grain size, and to manufacture the polish recon film 6 stably.

[0038] Therefore, when a silicon crystal microcrystal-izes and becomes poor [ the so-called line ], when the grain size of the polish recon film 6 is sharply changed even when excimer laser annealing is performed on the same conditions, for example, laser power becomes large too much, and laser power changes too much small, it will become the so-called write-in defect from which sufficiently big grain size is not obtained.

[0039] Furthermore, in the bottom product gate mold TFT, since the gate electrode 3 is located in the lower layer of the polish recon film 6, in the polish recon film 6 on the gate electrode 3, the recess of the heat at the time of performing laser annealing becomes high rather than the polish recon film 6 on a glass substrate 2 (on the source / drain field). Therefore, even if the laser power given from a excimer laser annealer is the same, from the polish recon film 6 on a glass substrate 2 (on the source / drain field), temperature-up temperature will differ and the



polish recon film 6 on the gate electrode 3 will differ in grain size from the effect on both sides. When laser power is the same, specifically, as for the grain size formed on the polish recon film 6, the direction on the gate electrode 3 will become small rather than a glass substrate 2 top (on the source / drain field).

[0040] Therefore, in both the bottom product gate molds TFT, since the both sides of the polish recon film 6 on the gate electrode 3 and the polish recon film 6 on a glass substrate 2 have to give the energy with which good grain size is obtained by excimer laser, the manufacture margin of the polish recon film 6 will become very narrow.

[0041] However, the excimer laser annealer used in excimer laser annealing treatment as mentioned above has the comparatively large output fluctuation of laser power which carries out outgoing radiation. Therefore, it is difficult to control the laser power so that both the both sides of the polish recon film 6 on the gate electrode 3 and the polish recon film 6 on a glass substrate 2 may get good grain size.

[0042] then, generally, in performing annealing treatment using such a excimer laser annealer for example, carry out total inspection of the condition of the crystal of the polish recon film 6 currently formed in the outermost surface in the phase which the polycrystal chemically-modified [ of the polish recon film 6 as shown in drawing 2 ] degree ended, or It judges whether the product which inspected and manufactured the condition of a crystal is a defective in this phase, and a product is sampled at random, the energy information given to the polish recon film 6 is fed back to a excimer laser annealer, and setting out of laser power is performed.

[0043] The polish recon film assessment equipment of the gestalt of operation of this invention evaluates the formed polish recon film 6 in the phase which the polycrystal chemically-modified [ of such polish recon film 6 ] degree ended, judges whether the manufactured product is a defective in this phase, and uses it for feeding back information to a excimer laser annealer and setting up laser energy.

[0044] The assessment principle and assesment method (1) of the polish recon film The assessment principle of the polish recon film first formed of excimer laser annealing mentioned above is explained.

[0045] As for the mobility of the thin film transistor manufactured as mentioned above, the grain size of polish recon influences greatly. In order to obtain sufficient mobility, the larger one of the grain size of polish recon is desirable.

[0046] It depends for the grain size of the polish recon film on the energy given by excimer laser annealing greatly. If the given energy

increases as shown in drawing 3 , it will increase in connection with it, but change will decrease and the grain size of the polish recon film will be stabilized, if it becomes more than a certain predetermined energy (the location in [ L ] drawing: let energy at this time be the allowance minimum energy L.). If energy is furthermore increased, change of grain size will become large and polish recon will become a microcrystal grain bordering on a certain threshold (location in [ H ] drawing) (let energy at this time be the allowance highest energy H). [0047] Therefore, in performing excimer laser annealing, it usually obtains the grain size of sufficient magnitude by controlling the laser power to irradiate so that it may become the range of the allowance highest energy H until just before becoming a microcrystal grain from the allowance minimum energy L which the grain size shown by drawing 3 began to stabilize. And it becomes possible to enlarge enough mobility of the thin film transistor which completed the laser beam of the laser power which gives the energy of such range by irradiating the amorphous silicon film.

[0048] (2) Next, compare the image on the front face of the film of the polish recon film when performing excimer laser annealing by making laser power into an optimum value, and the image on the front face of the film of the polish recon film when considering as power fewer than an optimum value with the image on the front face of the film of the polish recon film when considering as larger power than an optimum value. The image in each case is shown in drawing 4 . It is drawing showing the image on the front face of the film of the polish recon film when drawing 4 (A) considers as laser power fewer than an optimum value, is drawing showing the image on the front face of the film of the polish recon film when drawing 4 (B) considers as the laser power of an optimum value, and is drawing showing the image on the front face of the film of the polish recon film when drawing 4 (C) considers as larger laser power than an optimum value. In addition, although each image shown in this drawing 4 is an image picturized with the microscope equipment which used ultraviolet-rays light, the detail about this microscope equipment is mentioned later.

[0049] In drawing 4 , the scanning direction of the laser of excimer laser annealing is the direction of X in drawing. In addition, as mentioned above on the amorphous silicon film, the laser beam by which the exposure side was made the line is irradiated, and the scanning direction is a direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of the exposure side configuration of a laser beam.

[0050] If the image of this drawing 4 (B) when making laser power at the time of excimer laser annealing into an optimum value is compared with the other image shown in drawing 4 (A) and drawing 4 (C) here, the following descriptions have appeared.

[0051] First, the surface image ( drawing 4 (B)) of the polish recon film when making laser power into an optimum value is the image with which linearity appeared as compared with the surface image ( drawing 4 (A) and drawing 4 (C)) of the polish recon film with which laser power is not made the optimal. Specifically, it is the image with which linearity appeared to the scanning direction (the direction of X in drawing 4 ) of laser. That is, the front face of the polish recon film when making laser power into an optimum value has the description it is featureless in the regular configuration in which linearity appears in the space structure.

[0052] Moreover, the surface image ( drawing 4 (B)) of the polish recon film when making laser power into an optimum value is the image with which periodicity appeared as compared with the surface image ( drawing 4 (A) and drawing 4 (C)) of the polish recon film with which laser power is not made the optimal. It is the image with which periodicity specifically appeared in the direction (the direction of Y in drawing 4 ) which intersects perpendicularly with the scanning direction of laser. That is, the front face of the polish recon film when making laser power into an optimum value has the description it is featureless in the regular configuration in which periodicity appears in the space structure.

[0053] Therefore, with the assessment equipment of the polish recon film of the gestalt of operation of this invention, the condition of the polish recon film is inspected using the above descriptions. That is, numerical analysis of the surface image of the polish recon film after performing excimer laser annealing is carried out, the assessment equipment of the polish recon film of the gestalt of operation of this invention estimates whether linearity has appeared in the surface space structure of the polish recon film, periodicity has appeared in the surface space structure of the polish recon film, or linearity and periodicity have appeared in the surface space structure of the polish recon film, and the condition of the polish recon film of the bottom product gate mold TFT is inspected.

[0054] (3) Next, explain an example of the technique of the formation of a number-of-cases value which has linearity, periodicity, linearity, and periodicity in the image pick-up image of the polish recon film.

[0055] For example, when the image pick-up image of the polish recon



film with linearity and periodicity is expressed typically, it is expressed that many straight lines are parallel with a list, and the spacing is fixed spacing. On the other hand, when the image pick-up image of the polish recon film which neither linearity nor periodicity has is expressed typically, it is expressed that an irregular short straight line etc. appears irregularly. What is necessary is to express the functionality of the image when horizontal \*\* carrying out an image in which has linearity and periodicity from these images, and the direction vertical to the direction where periodicity is probably when evaluating and evaluating, making it them, and carrying out horizontal \*\*\*\*\* to a numeric value, and just to evaluate it. For example, if an image with linearity and periodicity is horizontal \*\* carried out and is carried out, a certain fixed period, i.e., a certain regularity, will horizontal \*\* carry out, and the high image of functionality with much lap condition of an image will appear for every amount. To it, even if the image which neither linearity nor periodicity has carries out horizontal \*\*\*\*\*, the high image of functionality with much some condition does not appear for every fixed period in the pile of an image.

[0056] By using the concept of evaluating the functionality of the image when carrying out horizontal \*\*\*\*\* for the above images, it becomes possible to evaluate by evaluating the periodicity of the polish recon film. As one method of realizing such technique concretely, it asks for the autocorrelation function of an image, the peak value and side peak value of this autocorrelation function are computed, and there is a method of taking these ratios. Here, peak value is the 2nd minimal value (it is used in order to make the value of defocusing small.) of the direction of y from the value of a zero to a zero. the 1st and 2nd henceforth -- you may be -- the lengthened value shall be said Moreover, side peak value shall mean from a zero the value which lengthened the 2nd minimal value of the direction of y from the zero from the 2nd maximal value (a zero is not included) of the direction of y.

[0057] In addition, either linearity or periodicity is evaluated and this invention can also judge the condition of the polish recon film.

[0058] Moreover, there is the technique of adding the value of all pixels in the direction which had complete set of linearity in the standardized image, for example as other examples of the technique of the formation of a number-of-cases value which has linearity, periodicity, linearity, and periodicity in the image pick-up image of the polish recon film, and taking the modulation factor. Moreover, the two-dimensional Fourier transform of the standardized image is carried out, and there is the technique of taking the reinforcement of a certain

frequency component. Moreover, the coordinate of the extremal value (minimal value or maximal value) of the images (for example, image which probably has linearity in the direction of y) is extracted, and there is the technique of taking distribution of x directions in the direction of y about the coordinate of longwise within the limits (let the core of x directions be the pitch of the array of x lay length of x directions for the average value of an extremal-value x coordinate). Moreover, the coordinate of the extremal value (minimal value or maximal value) of the images (for example, image which probably has linearity in the direction of y) is extracted, and there is the technique of taking an include angle with the point near the upper and lower sides of each point in the direction of y about the coordinate of longwise within the limits (let the core of x directions be the pitch of the array of x lay length of x directions for the average value of an extremal-value x coordinate).

[0059] The concrete configuration and its content of processing (1) of assessment equipment of the polish recon film Next, the concrete example of a configuration of the polish recon film assessment equipment of the gestalt of operation of this invention for evaluating the linearity and periodicity of surface space structure of the above polish recon film is explained.

[0060] The polish recon film assessment equipment of the gestalt of operation of this invention is equipment which evaluates the condition of the polish recon film formed from the image which picturized the manufacture substrate (substrate of the condition immediately after forming the polish recon film by performing excimer laser annealing on the amorphous silicon film) of the bottom product gate mold TFT, and was picturized by the microscope equipment which used ultraviolet radiation laser with a wavelength of 266nm.

[0061] The block diagram of the assessment equipment of the polish recon film of the gestalt of operation of this invention is shown in drawing 5 .

[0062] The polish recon film assessment equipment 20 shown in drawing 5 is equipped with the movable stage 21, the ultraviolet-rays solid-state-laser light source 22, CCD camera 23, the optical fiber probe 24, a beam splitter 25, an objective lens 26, the computer 27 for control, and the computer 28 for image processings, and is constituted.

[0063] The movable stage 21 is a stage for supporting the substrate 1 with which the polish recon film used as an inspected object was formed. This movable stage 21 is equipped also with the function for which this substrate 1 is moved to a predetermined location to be examined while it supports the substrate 1 used as an inspected object.

[0064] The movable stage 21 is equipped with X stage, Y stage, a Z stage, an adsorption plate, etc., and, specifically, is constituted.

[0065] X stage and Y stage are stages where it moves horizontally, and are with X stage and Y stage, and they move the substrate 1 used as an inspected object in the direction which intersects perpendicularly mutually, and he is trying to lead the substrate 1 used as a subject of examination to a predetermined inspection location. A Z stage is a stage where it moves in the direction of a vertical, and is for adjusting the height of a stage. An adsorption plate is for adsorbing the substrate 1 used as a subject of examination, and fixing.

[0066] The ultraviolet-rays solid-state-laser light source 22 is an ultraviolet radiation laser light source with a wavelength of 266nm, for example, 4 times many Nd:YAG [ as this ] \*\*\*\* solid state laser is used. In addition, as this ultraviolet-rays laser light source, the thing with a wavelength of about 166nm is also developed and such a thing may be used as the light source in recent years.

[0067] CCD camera 23 is a camera high-sensitivity-ized to ultraviolet radiation, equips the interior with CCD series as an image sensor, and picturizes the front face of a substrate 1 with this CCD series. This CCD camera 23 is oppressing the thermal noise generated with CCD series etc., a read-out noise, circuit noise, etc. by cooling a body.

[0068] The optical fiber probe 24 is the waveguide of an ultraviolet-rays laser beam, and has led the ultraviolet radiation laser by which outgoing radiation was carried out from the ultraviolet-rays solid-state-laser light source 22 to the beam splitter 25.

[0069] A beam splitter 25 reflects the ultraviolet-rays laser beam from the ultraviolet-rays solid-state-laser light source 22, irradiates the substrate 1 on the movable stage 21 through an objective lens 26, penetrates the reflected light reflected from the substrate 1 with it, and irradiates the high sensitivity low noise camera 3. That is, a beam splitter 25 is a laser beam eliminator for separating the optical path of the optical system of the outgoing radiation light of ultraviolet-rays solid-state-laser light source 22 grade, and the optical path of the optical system of the reflected light to CCD camera 23.

[0070] An objective lens 26 is an optical element for expanding and detecting the reflected light from a substrate 1. NA is 0.9 and, as for this objective lens 26, aberration amendment is carried out on the wavelength of 266nm. This objective lens 26 is arranged between a beam splitter 25 and the movable stage 21.

[0071] The computer 27 for control performs control of burning of the laser beam of the ultraviolet-rays solid-state-laser light source 22,



control of the migration location of the movable stage 21, change-over control of an objective lens 26, etc.

[0072] The computer 28 for image processings captures the image of the substrate 1 picturized with the CCD series with which CCD camera 23 is equipped, analyzes the image, and evaluates the condition of the polish recon film currently formed on the substrate 1.

[0073] With the above assessment equipments 20 of a configuration, the ultraviolet radiation laser by which outgoing radiation was carried out is irradiated by the substrate 1 through the optical fiber probe 24, a beam splitter 25, and an objective lens 26 from the ultraviolet-rays solid-state-laser light source 22. The ultraviolet radiation laser beam irradiated by the substrate 1 is reflected on the front face of this substrate 1. Incidence of the reflected light is carried out to CCD camera 23 through an objective lens 26 and a beam splitter 25. And CCD camera 23 supplies the surface image information of the polish recon film which picturized the reflected light which carried out incidence with CCD series, and was picturized and obtained to the computer 28 for image processings.

[0074] And this computer 28 for image processings evaluates the condition of that polish recon film based on the information on the surface image of the incorporated polish recon film so that it may explain below. And based on the assessment result, the set point of the laser power at the time of excimer laser annealing for generating the polish recon film is calculated, and it distinguishes whether the polish recon film formed on the substrate 1 is an excellent article, or it is a defective.

[0075] (2) Next, explain the assessment procedure of the condition of the polish recon film of the above-mentioned computer 28 for image processings. This computer 28 for image processings calculates the value (it considers as AC value henceforth.) which evaluated periodicity using the autocorrelation from the surface image of the polish recon film, evaluates the linearity and periodicity of surface space structure of the polish recon film, and evaluates the condition of the polish recon film.

[0076] The procedure of assessment performs image incorporation processing of the front face of the polish recon film first, as shown in the flow chart of drawing 6 . (Step S1) . Then, an autocorrelation function is calculated from the captured image (step S2). Then, a field vertical to the alignment direction containing (0, 0) on an image coordinate is started (step S3). Then, the peak value and side peak value of an autocorrelation function in the started field are computed,

the ratio of this peak value and side peak value is taken, and AC value is calculated (step S4). Then, the polish recon film is evaluated based on this AC value (step S5).

[0077] Here, an autocorrelation function turns into a function as shown in the following formulas.

[0078]

[Equation 1]

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T f(x) f(x + \tau) dx$$

[0079] This autocorrelation function  $R(\tau)$  is a function which shows an autocorrelation when only  $\tau$  makes the parallel displacement of the a certain function  $f(x)$  carry out in the  $x$  directions.

[0080] With this polish recon film assessment equipment 20, it is asking for the autocorrelation function of the surface image of the polish recon film using the theorem of following WINNAHINCHIN. In addition, image information incorporated concretely is set to "i" here.

[0081] \*\* the two-dimensional Fourier transform of an incorporation image "i" -- carry out.

:f=fourier(i)

\*\* Square Fourier series "f" and generate a power spectrum "ps."

: Carry out the inverse Fourier transform of the  $ps=|f|^2$  \*\* power spectrum "ps", and generate a two-dimensional autocorrelation image "ac."

:ac=inversfourier(ps)

\*\* Take the absolute value of an autocorrelation image "ac" and ask for the real number "aca" of an autocorrelation function.

:  $aca=|ac|$  [0082] Thus, if the generated autocorrelation image "aca" is displayed on a screen, it will become an image as shown in drawing 7 and drawing 8. Although the periodicity and linearity of drawing 7 of surface space structure of an image with a high autocorrelation, i.e., the polish recon film, are good, it is an autocorrelation image. Although the periodicity and linearity of drawing 8 of surface space structure of an image with an autocorrelation low to it, i.e., the polish recon film, are bad, it is an autocorrelation image.

[0083] Moreover, it may replace with the procedure of such assessment and the following assessment may be performed.

[0084] The procedure of this assessment performs image incorporation processing of the front face of the polish recon film first, as shown in the flow chart of drawing 9 (step S11). Then, one line of the incorporation image of a direction (a direction with periodicity: the direction of  $y$ ) vertical to the travelling direction (a linear

direction: x directions) of a laser beam is started (step S12). Then, an autocorrelation function is calculated about this one line (step S13). Then, if needed, these activities are repeated several times and AC value calculated with each line is equalized (step S14).

[0085] In this case, the autocorrelation function which can be set is called for as follows using the theorem of WINNAHINCHIN. In addition, image information for one line incorporated concretely is set to "1" here.

[0086] \*\* Carry out the Fourier transform about one line "1" of an incorporation image.

:fl=fourier(1)

\*\* Square Fourier series "fl" and generate a power spectrum "psl."

: Carry out the inverse Fourier transform of the  $psl=|fl|^2$  \*\* power spectrum "psl", and generate a two-dimensional autocorrelation image "acl."

:acl=inversfourier(psl)

\*\* Take the absolute value of an autocorrelation image "acl" and ask for the real number "acal" of an autocorrelation function.

: acal=|acl| [0087] Thus, if the generated autocorrelation function acal is expressed on a graph, it will become an image as shown in drawing 10 and drawing 11. Although the periodicity and linearity of drawing 10 of surface space structure of an image with a high autocorrelation, i.e., the polish recon film, are good, it is an autocorrelation image.

Although the periodicity and linearity of drawing 11 of surface space structure of an image with an autocorrelation low to it, i.e., the polish recon film, are bad, it is an autocorrelation image.

[0088] From the autocorrelation image calculated using the theorem of such WINNAHINCHIN, polish recon film assessment equipment 20 is still more nearly vertical to the alignment direction (namely, direction which has linearity), starts a field including the coordinate on a screen (0 0), and asks for the function obtained when [ that ] it starts. here, starting a field including the coordinate on a screen (0 0) standardizes the value from the autocorrelation function which changes with experiment parameters, such as the amount of illumination light, and CCD gain, by next -- it is carrying out for accumulating.

[0089] Thus, the function obtained when it starts turns into a function corresponding to the autocorrelation function  $R(\tau)$  mentioned above.

[0090] Polish recon film assessment equipment 20 continues, and calculates the maximum peak value and side peak value from this obtained function. And it asks for the ratio of the maximum peak value to side peak value, and let this value be AC value.

[0091] Therefore, when AC value has the good periodicity and linearity of surface space structure of an image with a high autocorrelation, i.e., the polish recon film, the difference of the maximum peak value and side peak value becomes large, and the value becomes large. To it, when the periodicity and linearity of surface space structure of an image with a low autocorrelation, i.e., the polish recon film, are bad, the difference of the maximum peak value and side peak value becomes small, and the value becomes small.

[0092] As mentioned above, in the bottom product gate mold TFT1, the surface image of the polish recon film is picturized, it asks for the autocorrelation function of the image pick-up image, and the linearity and periodicity of surface space structure of the polish recon film are evaluated.

[0093] Concretely, when AC value over an example of the image pick-up image is shown, it comes to be shown in drawing 12 .

[0094] (3) Next, explain the relation between AC value acquired as a result of calculating, as mentioned above, and the energy given to the grain size of the polish recon film, and the polish recon film.

[0095] As AC value is shown in drawing 13 , when the energy given to the polish recon film by excimer laser annealing turns into a certain energy EB 1, the value rises-like proportionally from from, and the value serves as max with a certain energy ET. And peak value is greeted with the energy ET used as this max, that value decreases-like proportionally after that, that reduction ends AC value with a certain energy EB 2, and that value turns into the minimum value. Thus, AC value has the peak property to the energy given.

[0096] When such a peak property of AC value is laid on top of the property of change of the grain size of the polish recon film shown by drawing 3 , it comes to be shown in drawing 14 . As shown in this drawing 14 , it turns out that it goes into energy within the limits with which the maximum of the graph which shows the peak property of AC value becomes proper [ the grain size of the polish recon film ].

Furthermore, the energy EB 1 with which AC value starts lifting-like proportionally becomes lower than the allowance minimum energy L with which the polish recon film is given and grain size becomes proper. Moreover, it is in agreement with allowance maximum energy H whose energy EB 2 when a-like proportionally reduction of AC value stopping and becoming the minimum value is the energy of the threshold which the diameter of crystal grain of the polish recon film microcrystal-izes.

[0097] Therefore, when evaluating whether the grain size of the polish recon film is good from AC value which has such a peak property, what is



necessary will be just to judge whether close AC value is in the value of the range shown by the thick wire in drawing 14 .

[0098] (4) When evaluating AC value which has such a property and inspecting whether the polish recon film is an excellent article, AC value of the substrate used as a subject of examination makes a threshold ACL calculated when the allowance minimum energy L is given, and if larger than this threshold, it can inspect by judging that it is an excellent article. Moreover, if it turns out that energy higher than the energy ET with which AC value serves as max by observing a certain property is given even if AC value of the inspected substrate is a case lower than this threshold ACL, and it is an excellent article, it can judge.

[0099] Moreover, AC value which has such a property is evaluated, and in setting up the laser power by which outgoing radiation is carried out from a excimer laser annealer the optimal, it performs laser annealing treatment to two or more substrates, fluctuating the laser power of excimer laser. And what is necessary is to draw property drawing of AC value made to correspond to each laser power, to specifically draw property drawing as shown in drawing 13 , and just to ask for the optimal laser power from this property drawing.

[0100] (5) By the way, since the gate electrode 3 is located in the lower layer of the polish recon film 6 in the bottom product gate mold TFT as mentioned above, in the polish recon film 6 on the gate electrode 3, the diffusibility of the energy at the time of performing laser annealing becomes high rather than the polish recon film 6 on a glass substrate 2 (on the source / drain field). Therefore, even if the laser power given from a excimer laser annealer is the same, from the polish recon film 6 on a glass substrate 2 (on the source / drain field), the energy given will differ and the polish recon film 6 on the gate electrode 3 will differ in grain size from the effect on both sides.

[0101] Generally, when a excimer laser annealer performs laser annealing, by the polish recon film located on a gate electrode, and the polish recon film located on a glass substrate (on the source / drain field), control to which laser power is changed cannot be carried out, but it is the same power setting out and excimer laser annealing will be performed uniformly.

[0102] Therefore, in the bottom product gate mold TFT, the property of AC value over the laser power of excimer laser comes to be shown in drawing 15 , is with a glass substrate and gate electrode top (on the source / drain field), and will become the location where the peak value differs. Peak value will be greeted by laser power with the AC value of

the polish recon film located on a glass substrate (on the source / drain field) specifically lower than the polish recon film located on a gate electrode.

[0103] Therefore, to set up the laser power by which evaluates AC value in a list and outgoing radiation is carried out to it from a excimer laser annealer when evaluating AC value and inspecting whether the polish recon film is an excellent article the optimal, it is necessary to consider as a value from which these both (on a glass substrate and a gate electrode) polish recon film becomes good.

[0104] Then, an example of the concrete experimental data of AC value to the laser power of excimer laser is shown in drawing 16 about the polish recon film of the bottom product gate mold TFT. As shown in this drawing 16 , AC value serves as a property used as different peak value on a gate electrode and a glass substrate. For example, on property drawing shown by this drawing 16 , it turns out that it is optimal to set up the laser power in excimer laser annealing by 380mJ(s).

[0105] (6) As mentioned above, when evaluating the polish recon film formed in the bottom product gate mold TFT, by evaluating the linearity and/or periodicity of space structure of a polish recon film front face, polish recon can be easily inspected by destruction-ed, and it becomes possible to include an inspection process in a production process. Moreover, since this linearity and/or periodicity are evaluated, it is not based on a visual inspection etc. but math processing becomes possible. Furthermore, since it evaluates by evaluating therefore, an automatic check becomes possible and objective inspection can be conducted in a high precision. Moreover, an inspection result can be fed back to annealing down stream processing, and the yield of the thin film transistor to manufacture can be made high. In addition, although microscope equipment using ultraviolet radiation laser with a wavelength of 266nm as equipment which picturizes the polish recon film above was applied, the equipment which picturizes the former image for evaluating the linearity and/or periodicity of surface space structure of the polish recon film is not restricted to such equipment. For example, based on the image observed by SEM, the linearity and /periodicity of surface space structure of the polish recon film may be evaluated. For example, although AC value will become low relatively since the direction of SEM serves as a brilliance image if the property at the time of calculating AC value based on the image picturized with the microscope equipment (DUV) using ultraviolet radiation laser is compared with the property at the time of calculating AC value based on the image picturized by SEM as shown in drawing 17 , it turns out that it becomes

almost the same [ the curve which shows the property ].

[0106] Moreover, although the example using the autocorrelation function as the technique of evaluating linearity and /periodicity was explained to the detail, the technique of evaluation is not restricted to the example using this autocorrelation function, either.

[0107] the concrete example of application in the manufacture process of the bottom product gate mold TFT -- below, the concrete example of application which applied the above-mentioned polish recon film assessment equipment 20 to the manufacture process of the bottom product gate mold TFT is explained.

[0108] First, AC value acquired from the image pick-up image of the polish recon film of the bottom product gate mold TFT as shown in drawing 18 is evaluated, that assessment result is fed back to a excimer laser annealer, and the example of application (EQC:Equipment Quality Control) which sets up the laser power by which outgoing radiation is carried out from this excimer laser annealer 30 the optimal is explained.

[0109] A excimer laser annealer has large fluctuation of the output value of actual laser power in comparison to the set point of laser power, as mentioned above. A Gaussian distribution-property is shown, dispersion arises and a certain amount of dispersion produces the laser power outputted to the predetermined power set point. On the other hand, in the case of the bottom product gate mold TFT, the manufacture margin (energy range which serves as a defective when the energy outside this range is given) of the energy given to the polish recon film serves as a big value relatively to that dispersion.

[0110] Therefore, if the center position of the manufacture margin of the polish recon film serves as an optimum value of the set point of laser power and laser power is set as this optimum value as shown in drawing 19 , even if it changes laser power, the energy given to the polish recon film will enter in a manufacture margin, and can obtain the high yield. However, if laser power is changed when the set point of laser power is not set as the optimum value of a manufacture margin as shown in drawing 20 , the energy given to the polish recon film will separate from a manufacture margin in many cases, and the yield will become low.

[0111] Therefore, this example of application sets the laser power of a excimer laser annealer as an optimum value as follows using the peak property of AC value of the bottom product gate mold TFT.

[0112] First, in this example of application, two or more substrates in which the polish recon film was formed are manufactured. At this time, setting out of the laser power of a excimer laser annealer is changed

for every substrate, and AC value on a gate electrode and a glass substrate is calculated about each substrate.

[0113] Then, the peak curve of AC value as shown in drawing 21 or drawing 22 can be drawn on a graph.

[0114] If the peak curve of such an AC value is drawn, it can ask for the tolerance (manufacture margin of the polish recon film) of laser power where a gate electrode and glass substrate top can obtain good grain size. Specifically, the laser power of the low order limitation of a manufacture margin turns into laser power corresponding to the minimum allowance energy (L) of the energy given to the polish recon film on a gate electrode, and laser power at the left end of the part specifically drawn by the thick wire of AC value on the gate electrode shown in drawing 21 and drawing 22 (MO (L)). Moreover, the laser power of the high order limitation of a manufacture margin turns into laser power corresponding to the highest allowance energy (H) of the energy given to the polish recon film on a glass substrate, and laser power at the right end of the part specifically drawn by the thick wire of AC value on the glass substrate shown in drawing 21 and drawing 22 (G (H)).

[0115] And the mean value of the manufacture margin for which it asked in this way is calculated, and the laser power in this mean value is set up as an optimum value.

[0116] The yield of the bottom product gate mold TFT can be made high by calculating AC value as mentioned above, asking for a manufacture margin, and setting up this manufacture margin as an optimum value.

[0117] AC value acquired from the image pick-up image of the polish recon film of the bottom product gate mold TFT manufactured by the excimer laser annealer 30 as shown in drawing 23 next is evaluated, and the example of application (IPQC:In Process Quality Control) which applies the assessment result to quality decision of the polish recon film is explained.

[0118] A excimer laser annealer has large fluctuation of the output value of actual laser power in comparison to the set point of laser power, as mentioned above. Therefore, polish recon film assessment equipment 20 makes that quality judgment to total or a total EQC, and it is made not to see off the defect in this excimer laser annealing process in a latter process.

[0119] Specifically, polish recon film assessment equipment 20 makes the quality judgment as follows.

[0120] First, in the case of the bottom product gate mold TFT, the range used as an excellent article is from the minimum allowance energy (L) of the energy given to the polish recon film on a gate electrode to the



laser power corresponding to the highest allowance energy (H) of the energy given to the polish recon film on a glass substrate, and is the case where laser annealing is performed. It is the laser power at the right end of the part drawn by the thick wire of AC value on a glass substrate from the laser power at the left end of the part specifically drawn by the thick wire of AC value on the gate electrode shown in drawing 24 . That is, when laser annealing is performed by the laser power included in the range of \*\* and \*\* shown in drawing 24 , the polish recon film serves as an excellent article.

[0121] Then, polish recon film assessment equipment 20 calculates AC value of the polish recon film on a gate electrode first. Then, it judges whether this AC value is larger than the threshold ACL (Mo) calculated when the allowance minimum energy L is given to the polish recon film. Here, if AC value is larger than a threshold ACL (Mo), it will get down from close to the range of \*\* shown in drawing 24 , and will judge that the polish recon film is an excellent article.

[0122] The following judgment will be made if AC value is smaller than a threshold ACL. Here, let the autocorrelation value when carrying out laser annealing for the polish recon film on a gate electrode be a threshold ACB by the laser power corresponding to the highest allowance energy (H) of the energy given to the polish recon film on a glass substrate. At this time, AC value of the polish recon film on a gate electrode is in the range of a threshold ACL - a threshold ACB, and it judges whether AC value of the polish recon film on a glass substrate is lower than a threshold ACB. It gets down from close to the range of \*\* which it shows in drawing 24 in satisfying this condition, and in judging that that polish recon film is an excellent article and not satisfying this condition, it gets down from close to the range of \*\*, \*\*, and \*\* shown in drawing 24 , and it judges that the polish recon film is a defective.

[0123] As mentioned above, processing of the latter part after laser annealing down stream processing is mitigable by calculating AC value of the polish recon film on a gate electrode and a glass substrate, and judging whether the polish recon film is an excellent article using the difference in the property of the autocorrelation value of the polish recon film on a gate electrode and a glass substrate.

[0124] For example, as shown in drawing 25 (A) and drawing 25 (B), even when a defect occurs selectively by inspecting to all LCD also when two or more LCD is formed on one glass substrate, the defect location can be judged and latter processing can be mitigated.

[0125]

[Effect of the Invention] The polish recon assessment approach concerning this invention estimates the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the polish recon film which were formed of annealing treatment.

[0126] Since the polish recon assessment approach which starts this invention by this can estimate polish recon easily by destruction-ed, it is not based on a visual inspection etc. but math processing becomes possible, automatic assessment is attained and objective assessment can be performed in a still higher precision.

[0127] The polish recon test equipment concerning this invention estimates the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the polish recon film which were formed of annealing treatment.

[0128] In the polish recon test equipment applied to this invention by this, since polish recon can be easily inspected by destruction-ed, it is not based on a visual inspection etc. but math processing becomes possible, an automatic check becomes possible and objective inspection can be conducted in a still higher precision.

[0129] The thin film transistor manufacture approach concerning this invention evaluates the linearity and/or periodicity of space structure on the front face of the film of the polish recon film which were formed of annealing treatment.

[0130] In the thin film transistor which starts this invention by this, polish recon can be easily inspected by destruction-ed, and it becomes possible to include an inspection process in a production process. Moreover, since it is not based on a visual inspection etc. but math processing becomes possible, an automatic check becomes possible and objective inspection can be conducted in a high precision. Moreover, an inspection result can be fed back to annealing down stream processing, and the yield of the thin film transistor to manufacture can be made high.

=====

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing explaining the typical cross-section configuration of the bottom product gate mold TFT.

[Drawing 2] It is drawing for explaining the cross-section structure of the bottom product gate mold TFT after forming the polish recon film.

[Drawing 3] They are the grain size of the polish recon film, and drawing for explaining relation with the energy given by excimer laser annealing.

[Drawing 4] It is drawing for explaining the image on the front face of the film of the polish recon film when performing excimer laser annealing by making laser power into an optimum value, the image on the front face of the film of the polish recon film when considering as power fewer than an optimum value, and the image on the front face of the film of the polish recon film when considering as larger power than an optimum value.

[Drawing 5] It is the block diagram of the assessment equipment of the polish recon film of the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 6] It is a flow chart for explaining the assessment procedure of the polish recon film.

[Drawing 7] It is drawing for explaining an autocorrelation image when periodicity is high.

[Drawing 8] It is drawing for explaining an autocorrelation image when periodicity is low.

[Drawing 9] It is a flow chart for explaining other assessment procedures of the polish recon film.

[Drawing 10] It is drawing for explaining an autocorrelation image when periodicity when an assessment procedure besides the above estimates is high.

[Drawing 11] It is drawing for explaining an autocorrelation image when periodicity when an assessment procedure besides the above estimates is low.

[Drawing 12] It is drawing explaining the property of calculated AC value over a concrete image pick-up image.

[Drawing 13] It is drawing for explaining the property of an autocorrelation value over the energy given to the polish recon film.

[Drawing 14] It is drawing for explaining the property of AC value over the energy given to the polish recon film, and grain size.

[Drawing 15] It is drawing for explaining the property of AC value over the laser power of the excimer laser in the bottom product gate mold TFT.

[Drawing 16] It is drawing for explaining an example of the concrete experimental data of AC value to the laser power of excimer laser about the polish recon film of the bottom product gate mold TFT.

[Drawing 17] It is drawing for comparing and explaining the property at the time of calculating AC value based on the image picturized with the microscope equipment (DUV) using ultraviolet radiation laser, and the property at the time of calculating AC value based on the image picturized by SEM.

[Drawing 18] It is drawing for explaining the configuration of the concrete example (EQC) of application which applied polish recon film assessment equipment to the manufacture process of the bottom product gate mold TFT.

[Drawing 19] It is drawing for explaining the relation between the manufacture margin of the energy given to the polish recon film, and fluctuation of excimer laser power (when laser power is set up the optimal).

[Drawing 20] It is drawing for explaining the relation between the manufacture margin of the energy given to the polish recon film, and fluctuation of excimer laser power (when laser power is not set up the optimal).

[Drawing 21] It is drawing for explaining the approach for an example of the relation between the manufacture margin of the bottom product gate mold TFT and laser power being shown, and calculating the optimum value of laser power from this example.

[Drawing 22] It is drawing for explaining the approach for other examples of the relation between the manufacture margin of the bottom product gate mold TFT and laser power being shown, and calculating the optimum value of laser power from other examples.

[Drawing 23] It is drawing for explaining the configuration of other concrete examples (IPQC) of application which applied polish recon film assessment equipment to the manufacture process of the bottom product gate mold TFT.

[Drawing 24] It is drawing for explaining how carrying out the quality judging of the polish recon film from AC value of the bottom product gate mold TFT.

[Drawing 25] It is drawing for explaining an example of the decision result when making the above-mentioned quality judgment to two or more



LCD formed on the glass substrate.

[Description of Notations]

1 Bottom Product Gate Mold TFT, Glass Substrate, 3 Gate Electrode, 4 1st Gate Dielectric Film, 5 2nd Gate Dielectric Film, 6 Polish Recon Film, 20 Polish Recon Film Assessment Equipment, 30 Excimer Laser Annealer

[Translation done.]

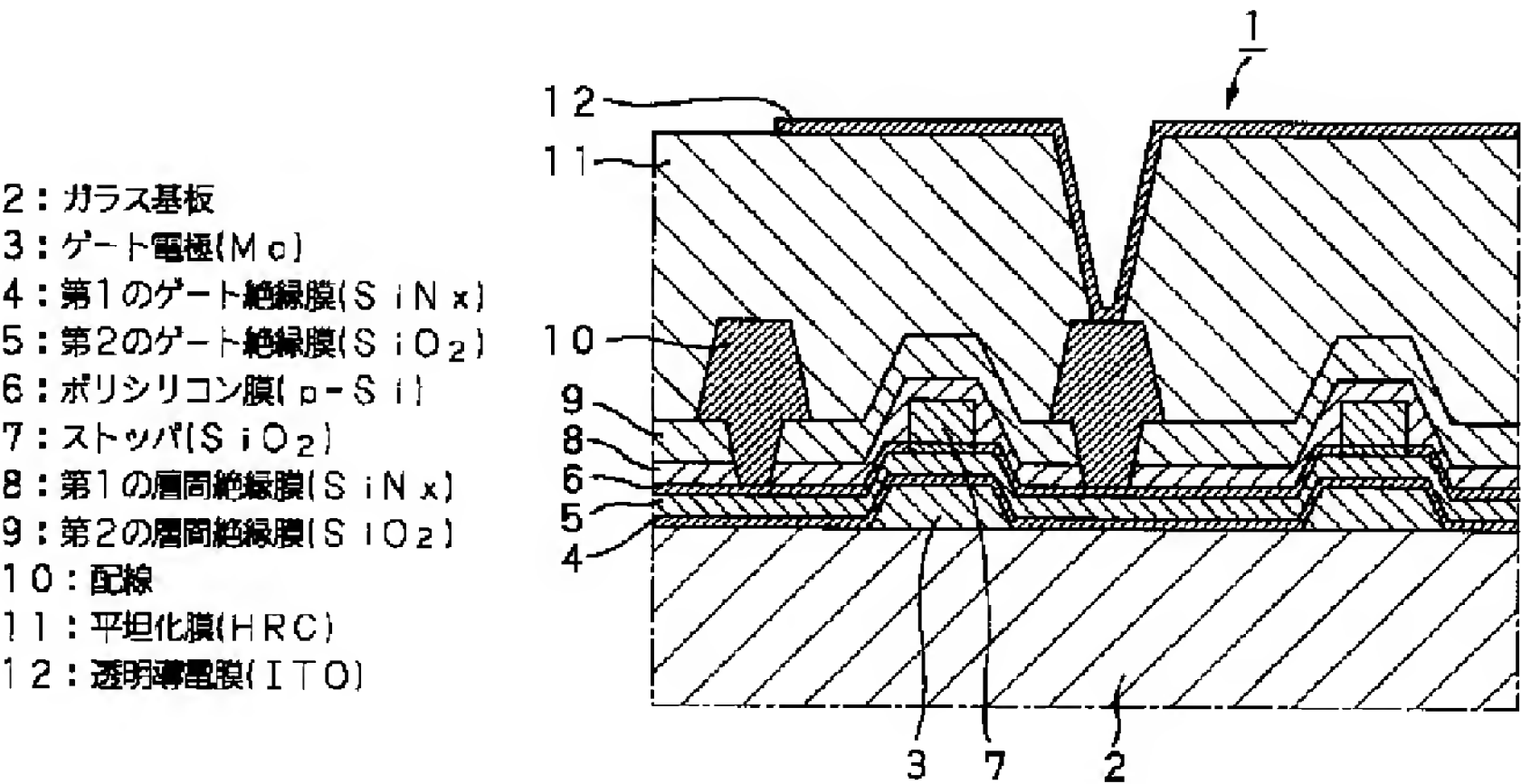
\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

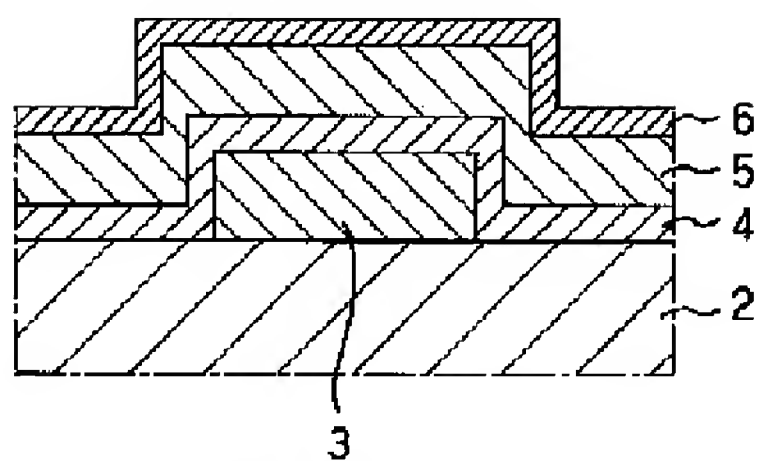
- 1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]

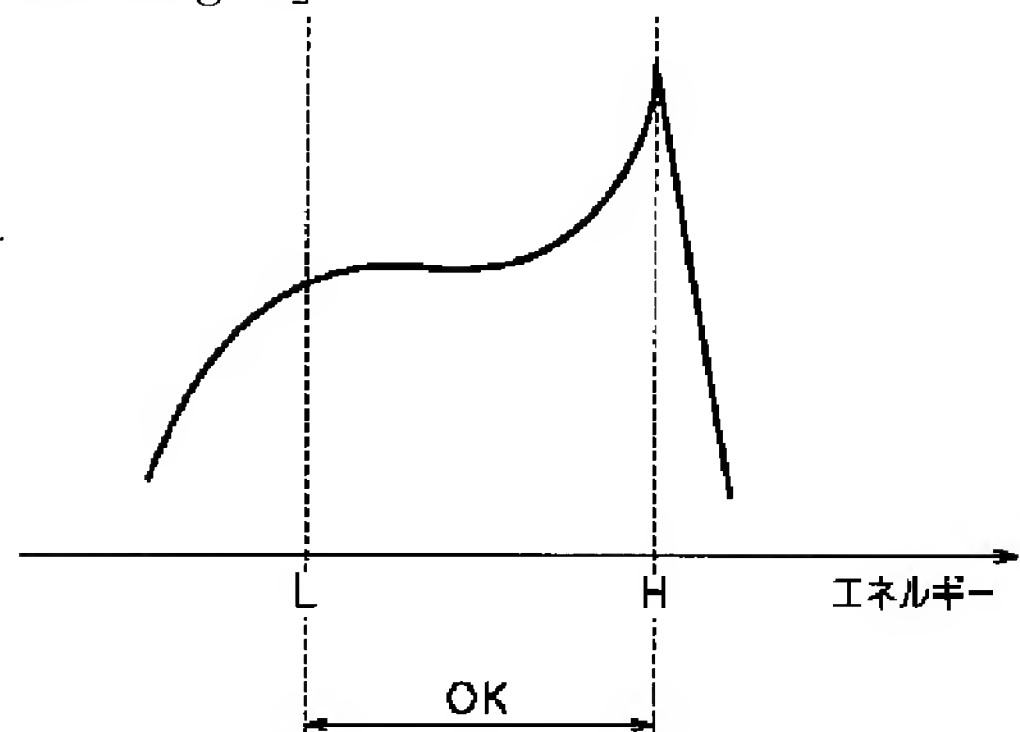


[Drawing 2]

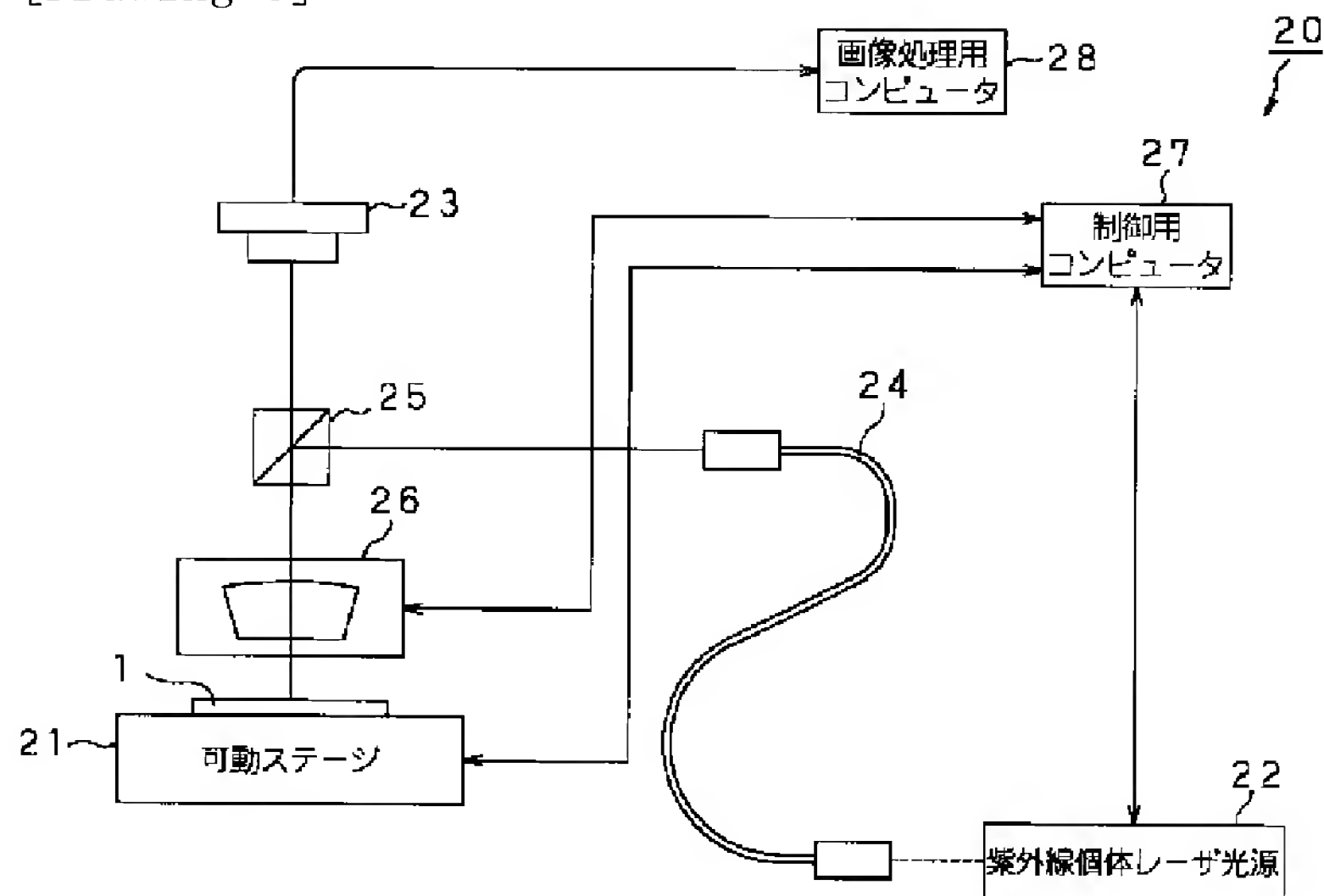


- 2: ガラス基板  
 3: ゲート電極(Mo)  
 4: 第1のゲート絶縁膜(SiNx)  
 5: 第2のゲート絶縁膜(SiO<sub>2</sub>)  
 6: ポリシリコン膜(p-Si)

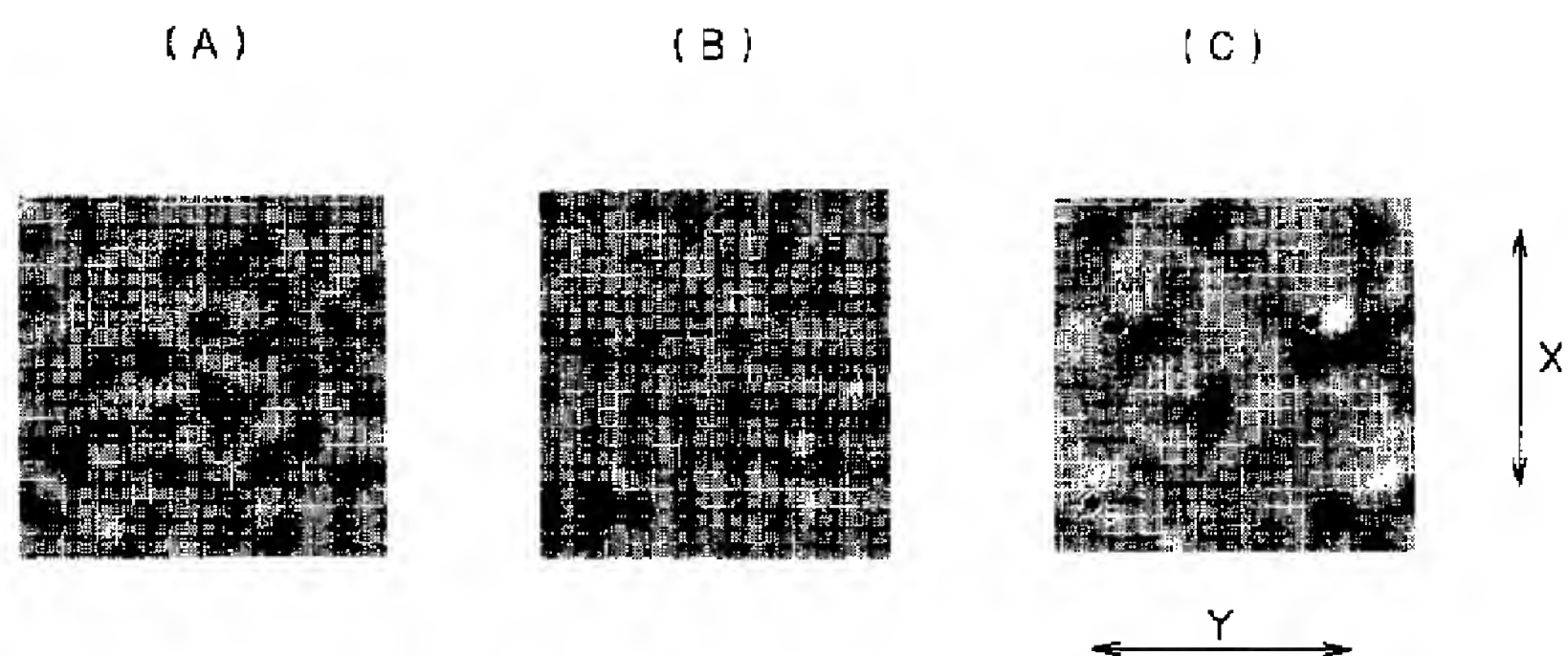
[Drawing 3]



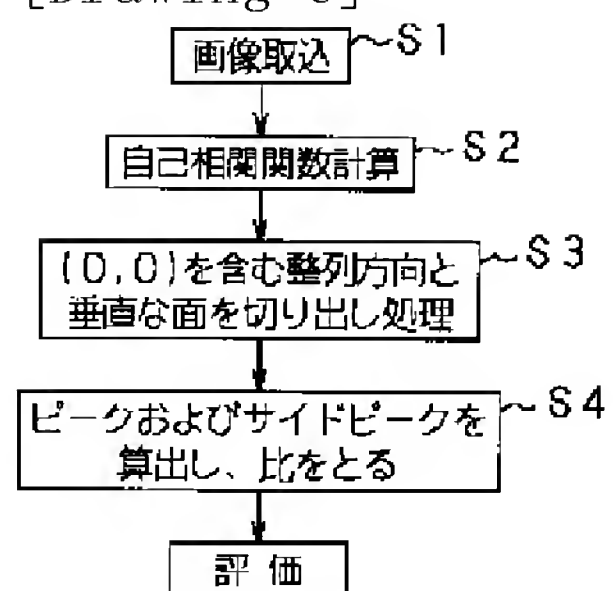
[Drawing 5]



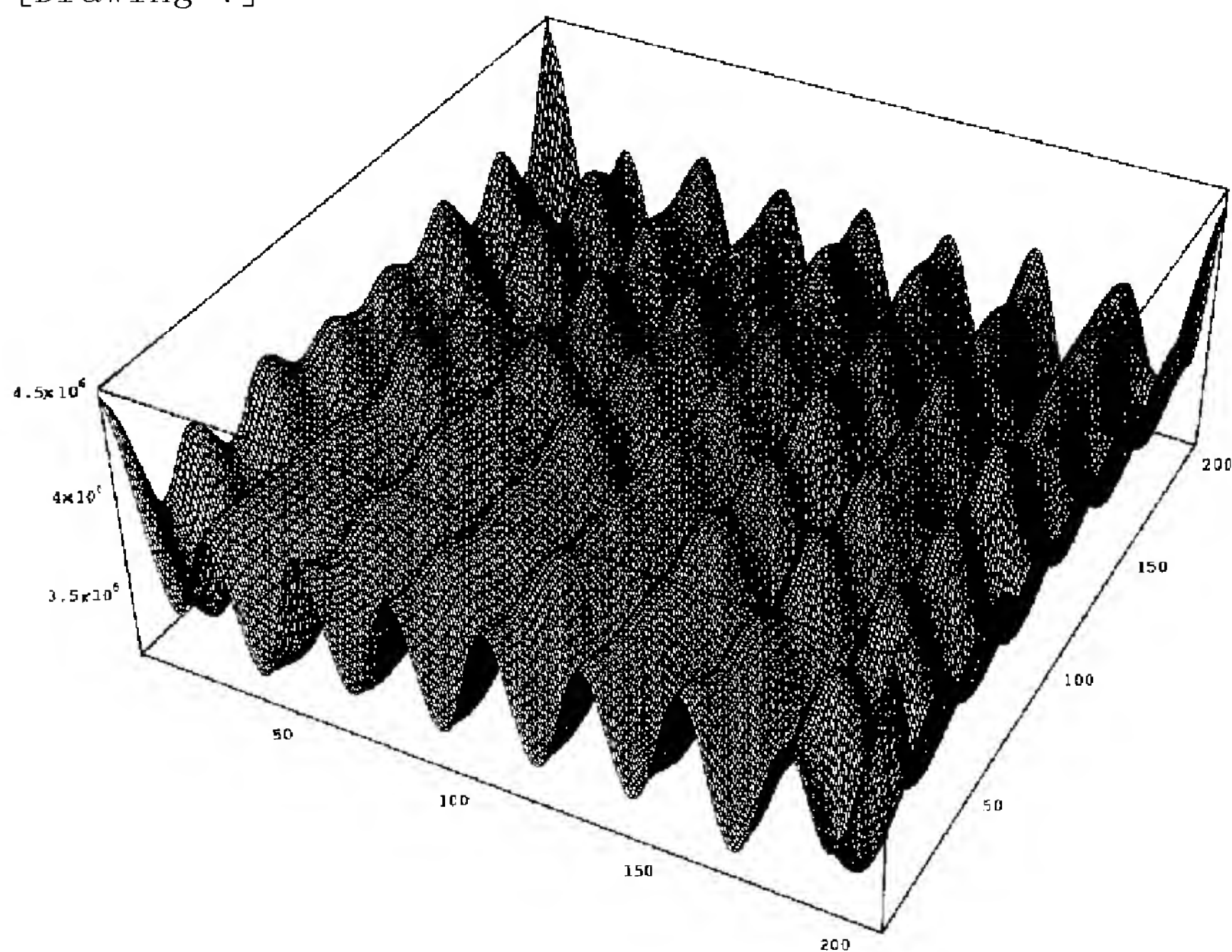
[Drawing 4]



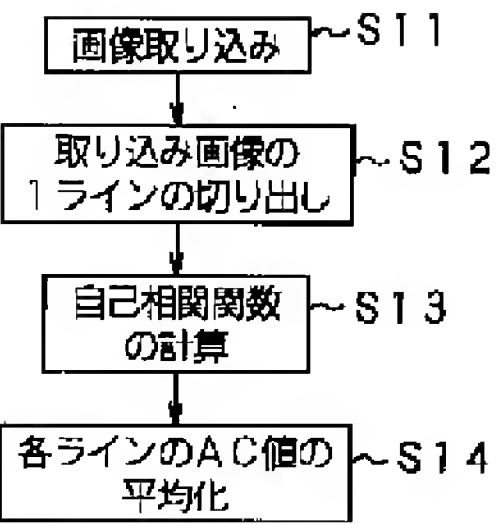
[Drawing 6]



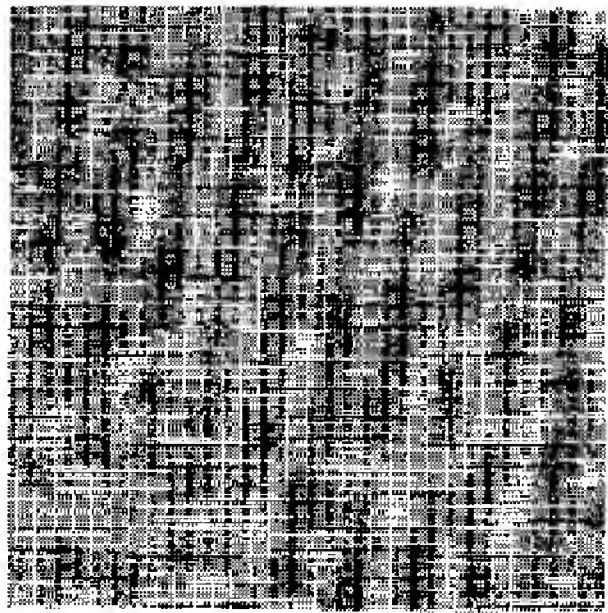
[Drawing 7]



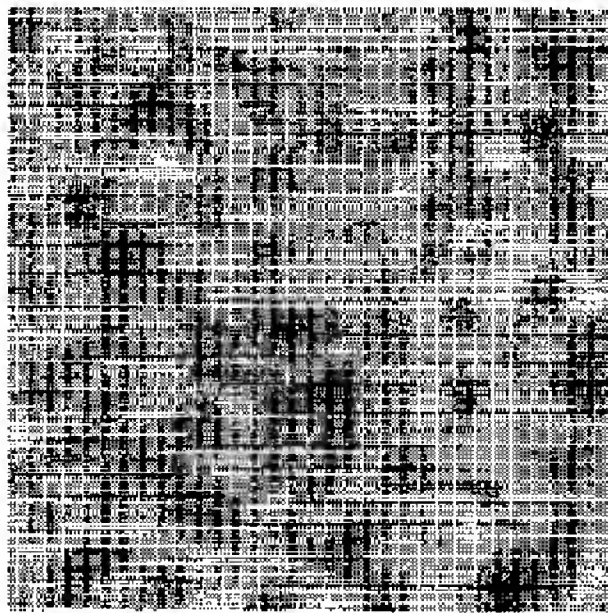
[Drawing 9]



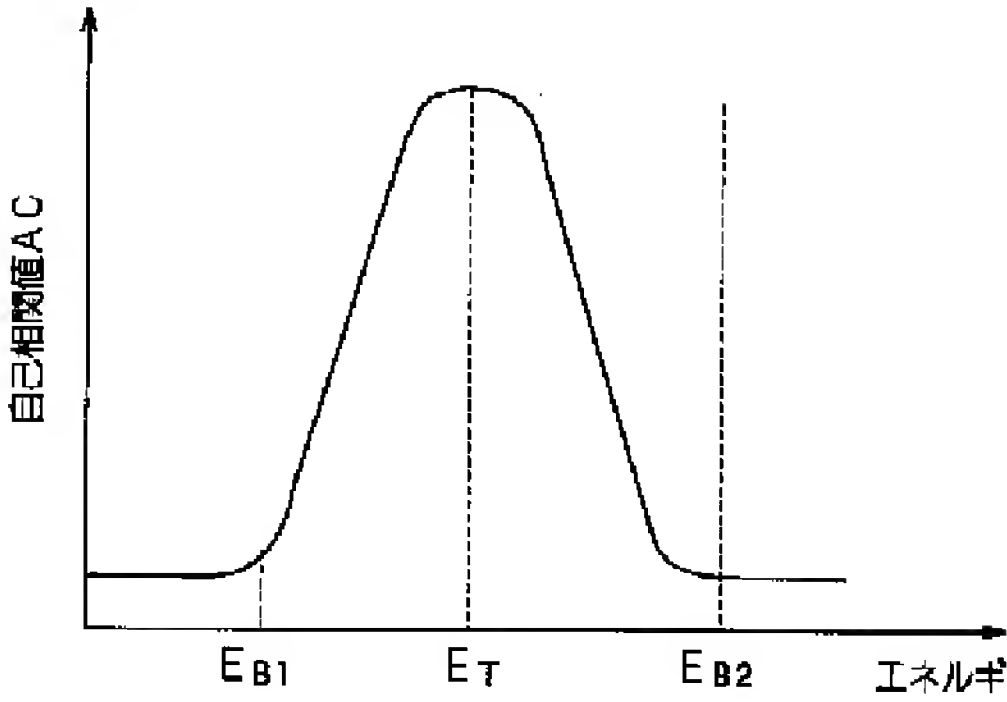
[Drawing 10]



[Drawing 11]

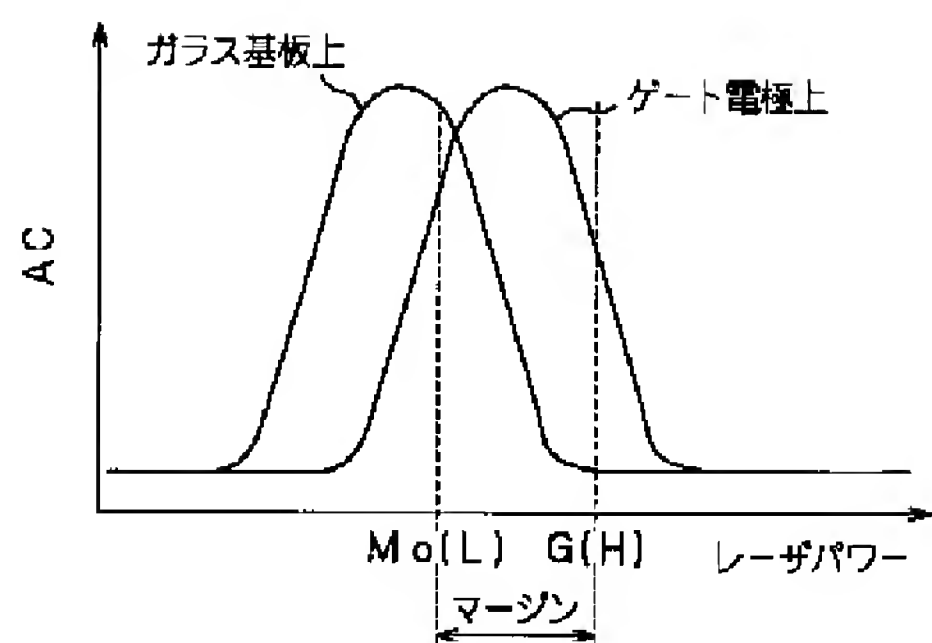


[Drawing 13]

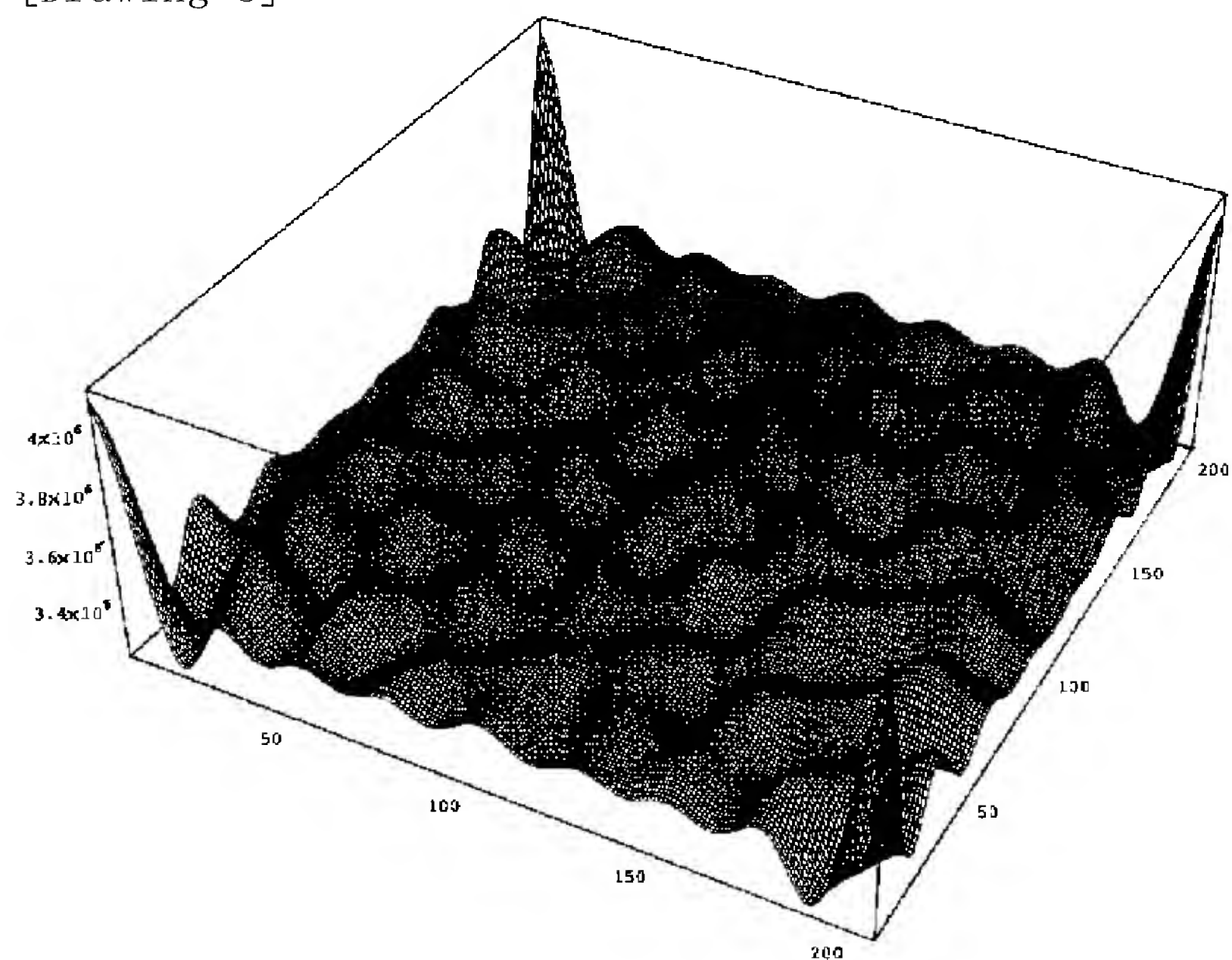


[Drawing 15]

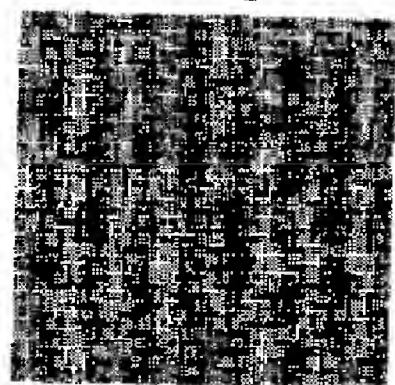




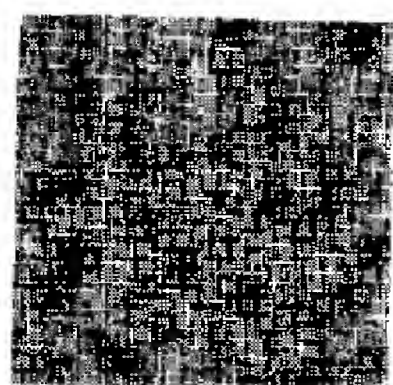
[Drawing 8]



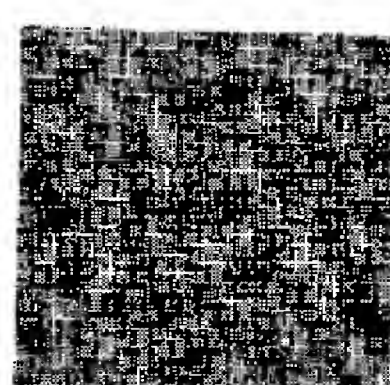
[Drawing 12]



AC=63.0



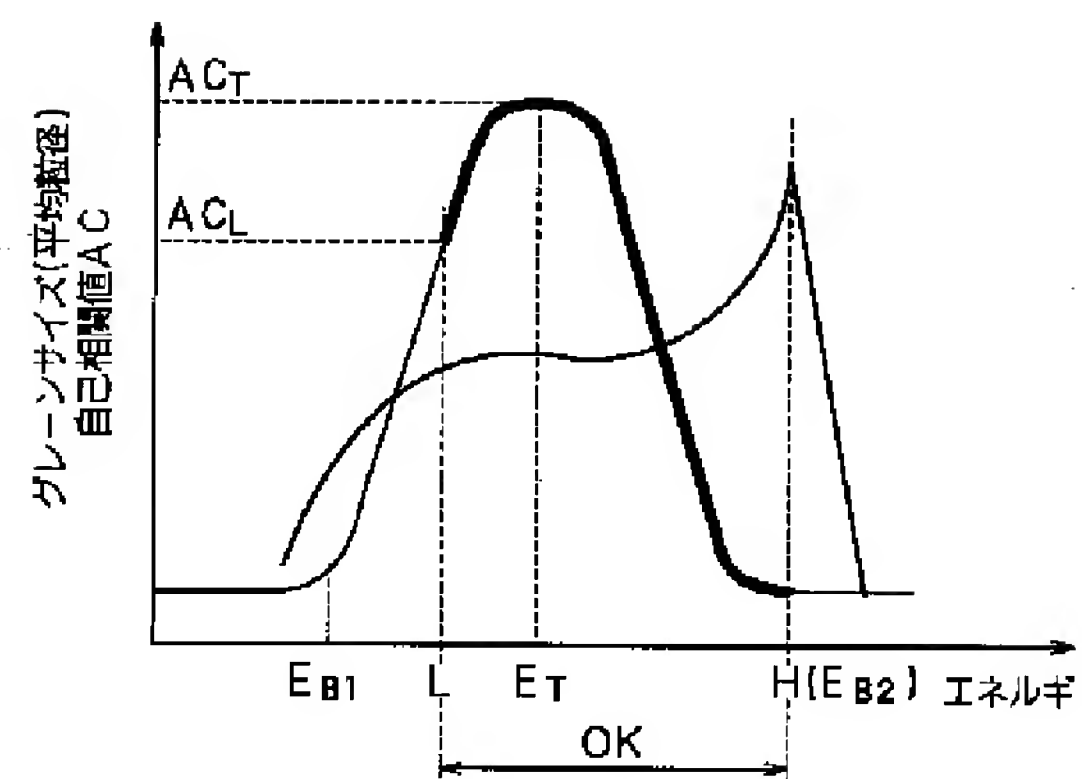
AC=30.4



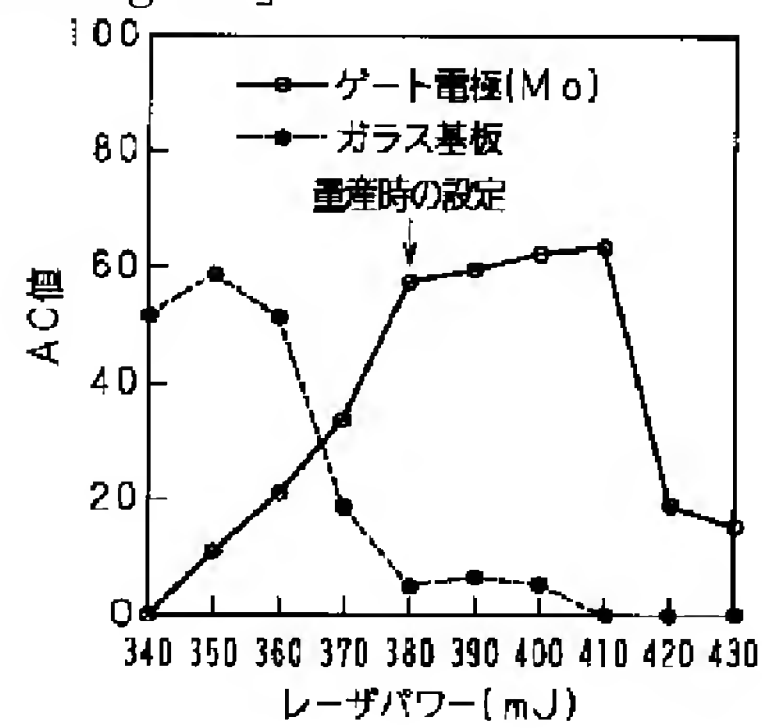
AC=9.1

人間の見た目の直線性とAC値の比較

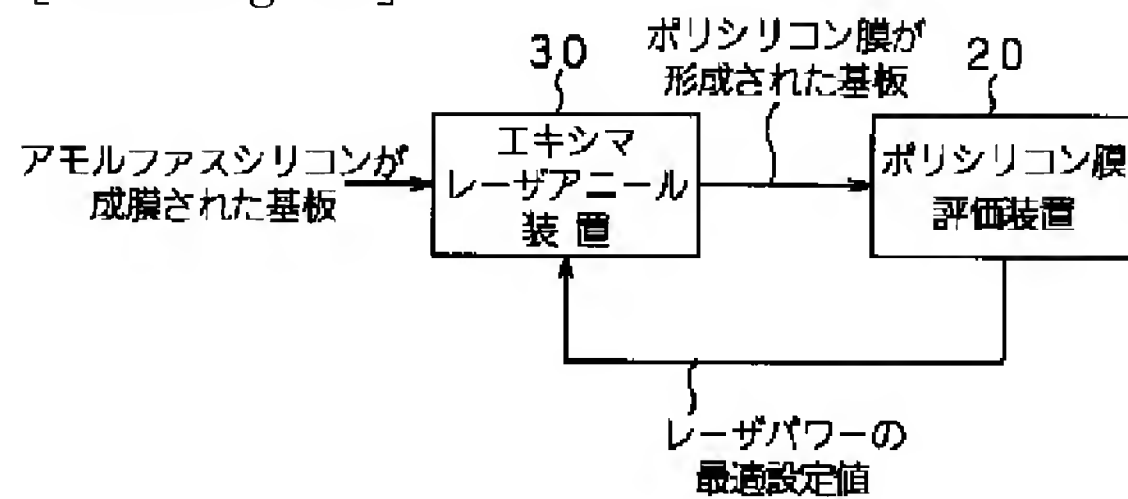
[Drawing 14]



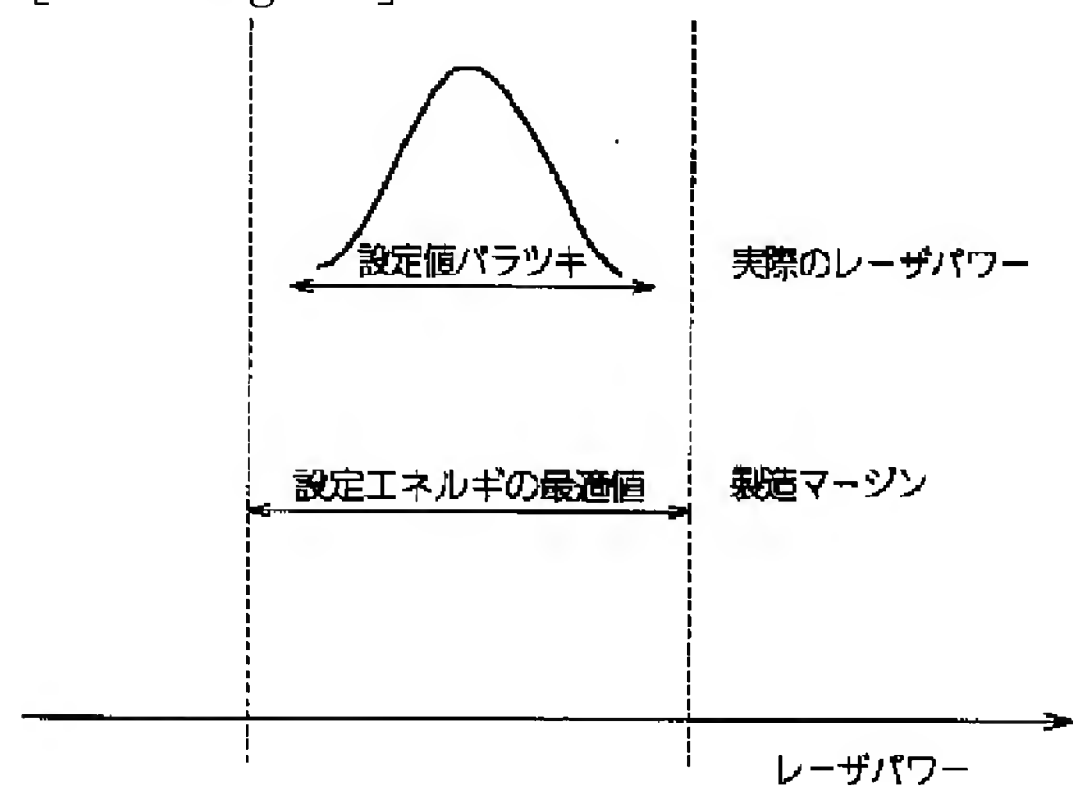
[Drawing 16]



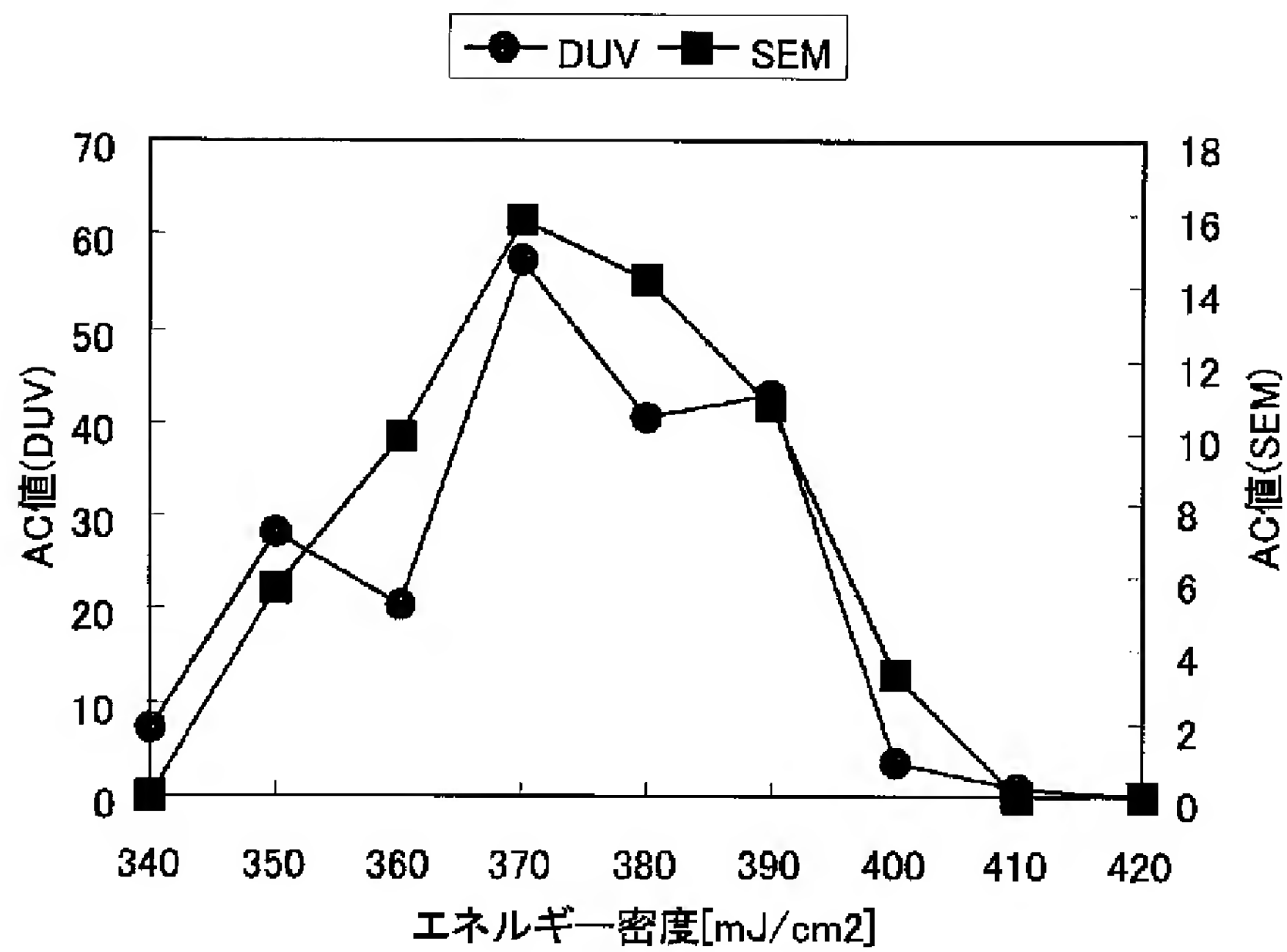
[Drawing 18]



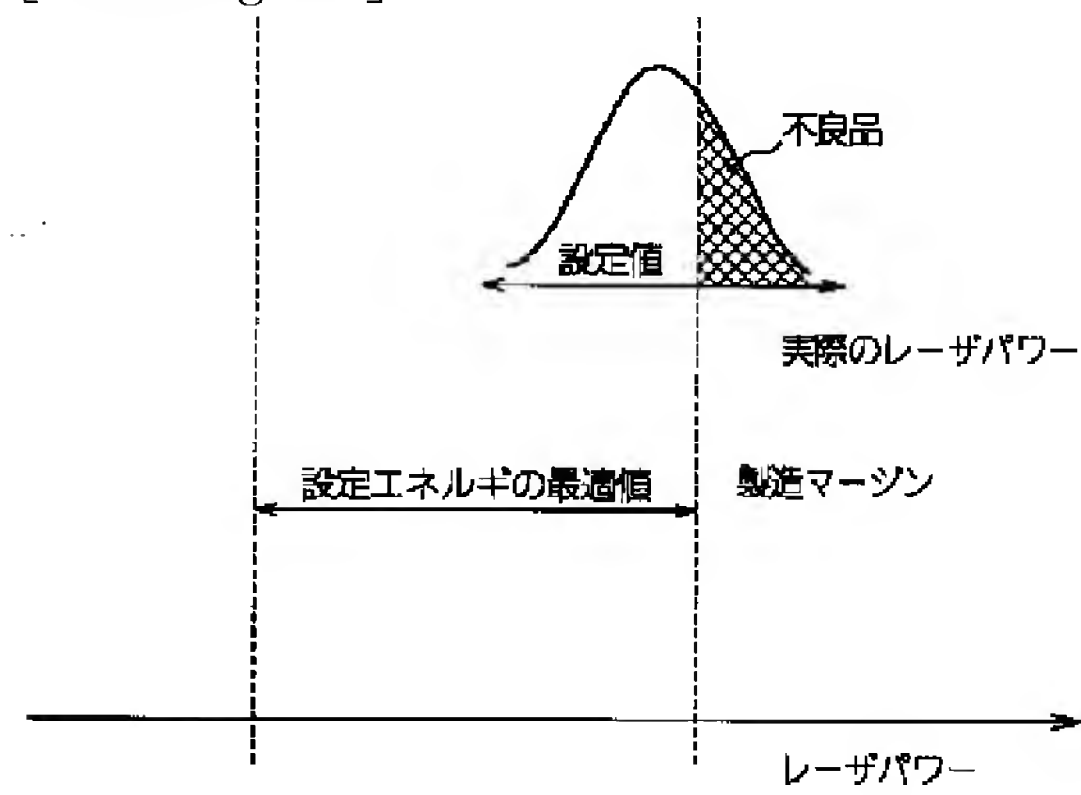
[Drawing 19]



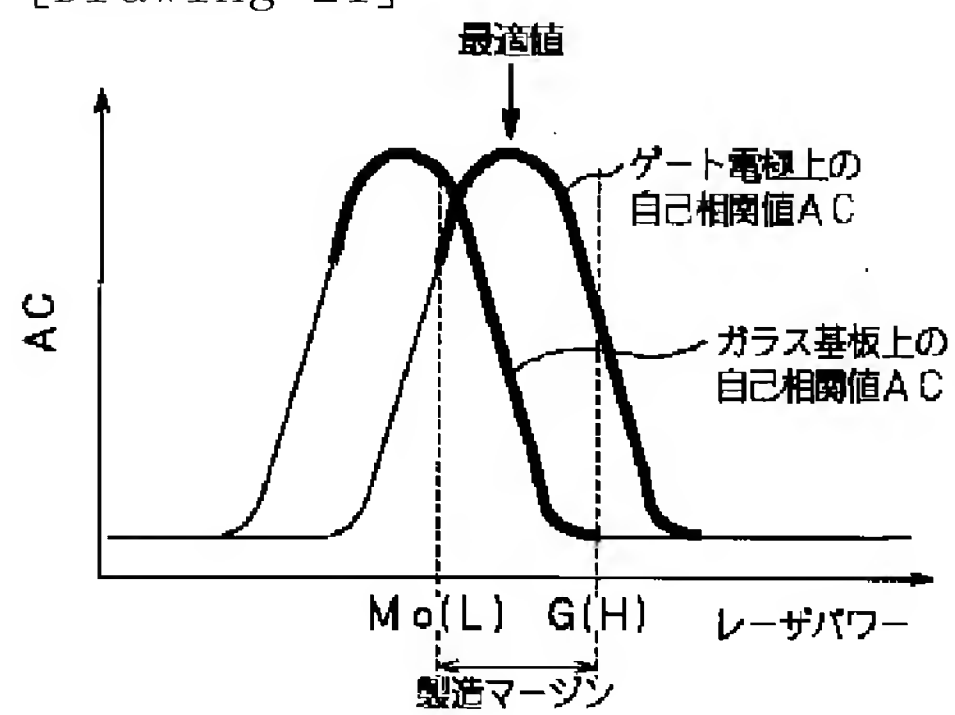
[Drawing 17]



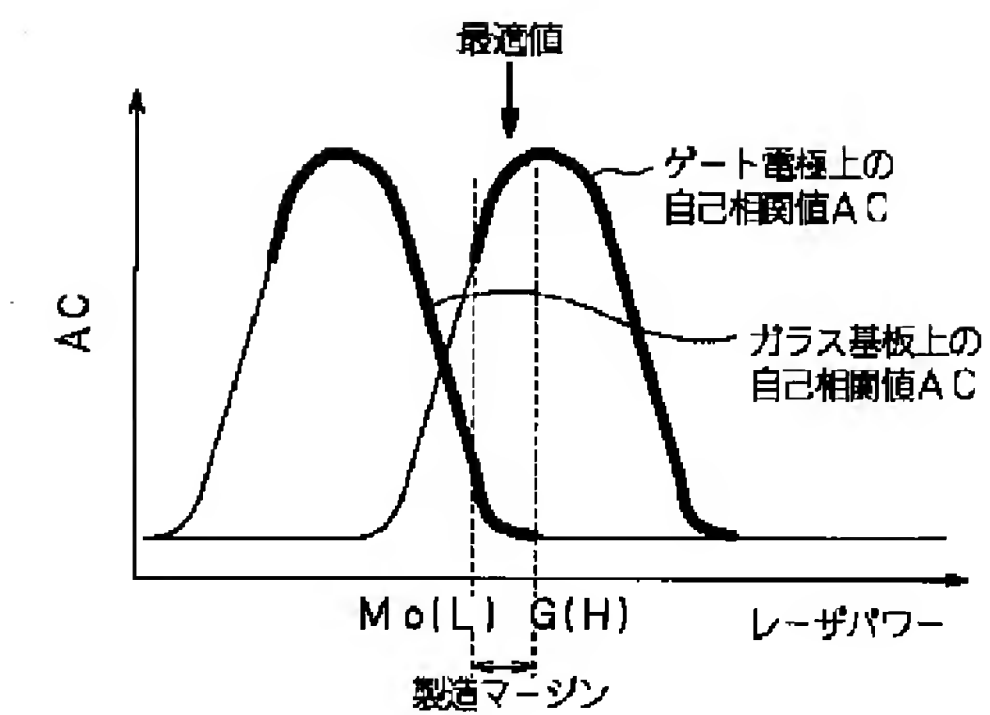
[Drawing 20]



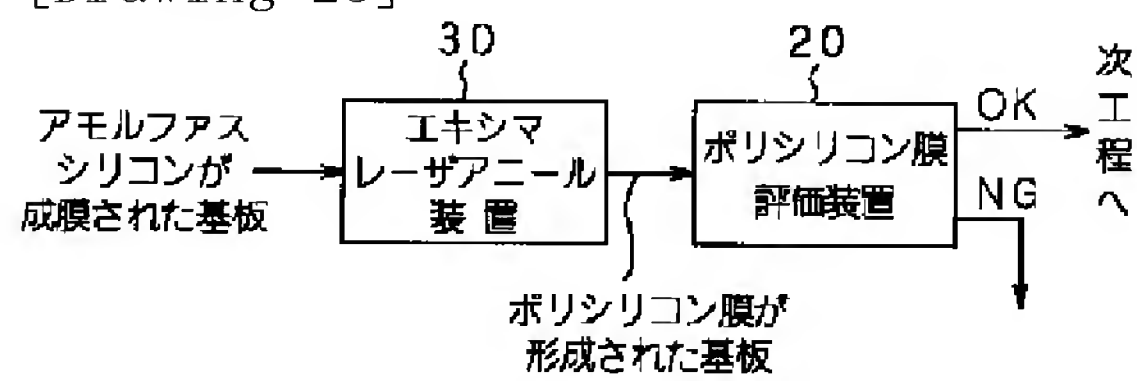
[Drawing 21]



[Drawing 22]



[Drawing 23]



[Drawing 25]

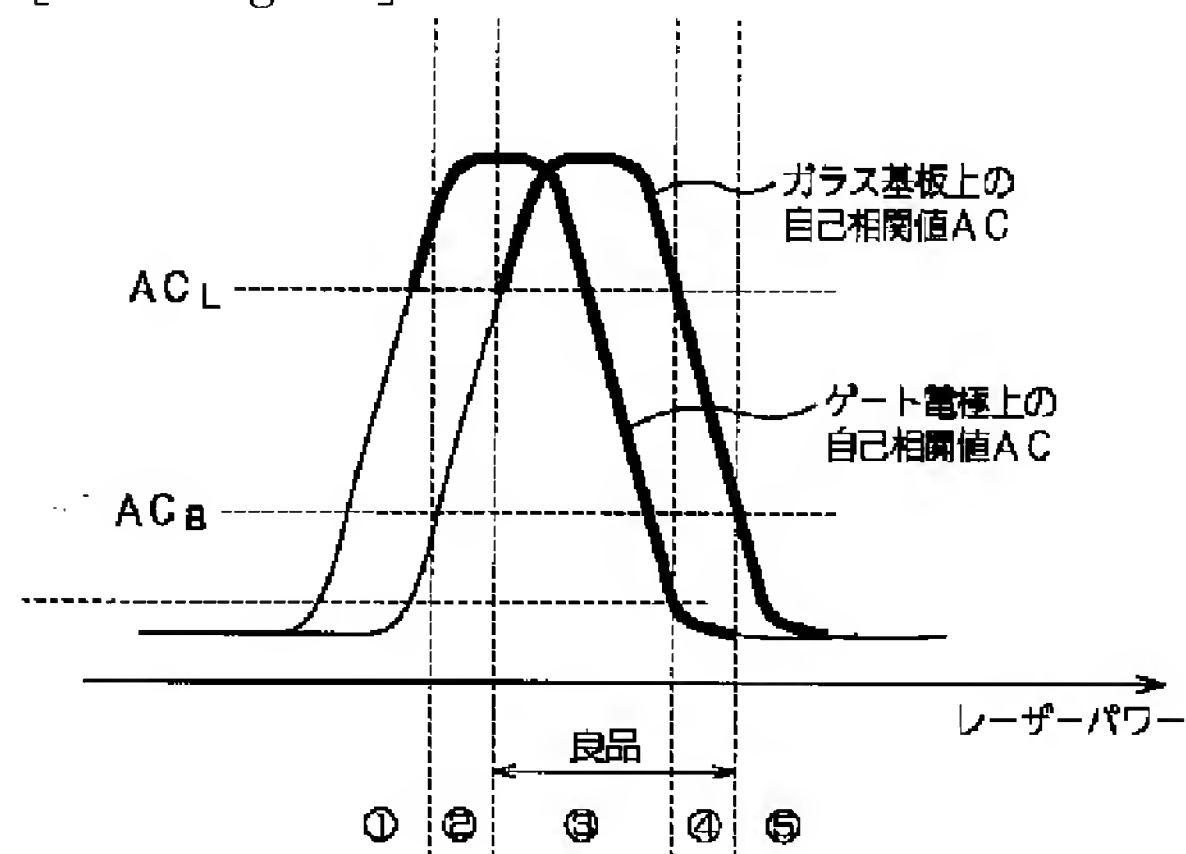
(A)

良品	良品	不良品	良品
不良品	良品	良品	良品
良品	不良品	良品	良品
良品	良品	良品	不良品

(B)

良品	良品	良品	良品
良品	不良品	不良品	良品
良品	不良品	不良品	良品
良品	良品	良品	良品

[Drawing 24]



[Translation done.]